

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL GRANO DE AVENA ENTERO COMO FUENTE DE FIBRA  
EFECTIVA EN DIETAS DE CORRAL OFRECIDAS A TERNEROS DE  
DESTETE PRECOZ**

**por**

**Maximiliano CEDRÉS GÓMEZ  
Natalia ZABALVEYTIA TORRES**

**TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017**

Tesis aprobada por:

Director: .....  
Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Virginia Beretta

.....  
Ing. Agr. (MSc.) (PhD.) Álvaro Simeone

.....  
Med. Vet. (MSc.) Juan Franco

Fecha: 28 de agosto de 2017.

Autores: .....  
Maximiliano Cedrés Gómez

.....  
Natalia Zabalveytia Torres

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros familiares y amigos que nos apoyaron durante toda la carrera y que sin duda, nada hubiese sido posible sin su ayuda.

A los tutores Virginia Beretta y Álvaro Simeone, por el aprendizaje brindado y por la constante dedicación en cada una de las etapas de trabajo.

A nuestros compañeros, a Stefania Pancini, y a todos aquellos que de cierta forma contribuyeron al desarrollo del trabajo.

A Marcelo Valor y al funcionario Diego Mosqueira por sus invaluables dedicaciones durante la etapa experimental en la EEMAC.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
<b>1. <u>INTRODUCCIÓN</u></b> .....	<b>1</b>
<b>2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u></b> .....	<b>3</b>
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	3
2.2. <u>DESTETE PRECOZ: ASPECTOS RELACIONADOS AL           DESARROLLO DEL TERNERO</u> .....	3
2.2.1. <u>Fisiología digestiva de los terneros</u> .....	3
2.2.2. <u>Consumo</u> .....	4
2.2.3. <u>Requerimientos nutricionales</u> .....	5
2.2.4. <u>Sistemas de manejo para realizar destete precoz</u> .....	6
2.3. <u>ROL DE LA FIBRA EN DIETAS DE CONFINAMIENTO</u> .....	8
2.3.1. <u>Consumo y digestión de la fibra</u> .....	9
2.3.2. <u>Rol funcional de la fibra: fibra efectiva (FDNe) y fibra                 físicamente efectiva (FDNfe)</u> .....	12
2.3.3. <u>Evaluación de fuentes alternativas de fibra para dietas sin                 fibra larga</u> .....	18
2.4. <u>GRANO DE AVENA ENTERO (GEA) COMO FUENTE DE FIBRA           EFECTIVA</u> .....	24
2.4.1. <u>Caracterización del grano de avena</u> .....	24
2.4.2. <u>Efectividad del grano</u> .....	26
2.4.3. <u>Comparación del grano de avena con alternativas de                 fibra corta</u> .....	27
2.5. <u>HIPÓTESIS</u> .....	29

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. PERÍODO Y ÁREA DE EXPERIMENTO.....	30
3.2. CLIMA.....	30
3.3. ANIMALES.....	30
3.4. INFRAESTRUCTURA.....	31
3.5. ALIMENTOS.....	31
3.6. TRATAMIENTOS.....	32
3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	32
3.7.1. <u>Período pre-experimental</u> .....	32
3.7.2. <u>Período experimental</u> .....	33
3.8. MANEJO SANITARIO.....	33
3.9. REGISTROS Y MEDICIONES.....	34
3.9.1. <u>Peso vivo y altura</u> .....	34
3.9.2. <u>Consumo de materia seca</u> .....	34
3.9.3. <u>Digestibilidad in vivo</u> .....	34
3.9.4. <u>Comportamiento</u> .....	35
3.9.5. <u>Caracterización del aporte de fibra efectiva</u> .....	35
3.9.6. <u>Registros climáticos</u> .....	36
3.10. ANÁLISIS QUÍMICOS.....	36
3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	36
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	39
4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS.....	39
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA.....	40
4.3. CONSUMO.....	43
4.4. CRECIMIENTO DEL TERNERO.....	46
4.5. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN.....	47
4.6. COMPORTAMIENTO INGESTIVO.....	49
4.7. DISCUSIÓN GENERAL.....	50
4.8. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS.....	51

5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	54
6. <u>RESUMEN</u> .....	55
7. <u>SUMMARY</u> .....	56
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	57
9. <u>ANEXOS</u> .....	69

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Ganancia diaria de terneros sometidos a destete precoz o manejados al pie de la vaca para pariciones de primavera.....	7
2. Estimación FDNfe de los distintos alimentos mediante análisis químicos y físicos en el laboratorio.....	13
3. Composición química de los granos.....	24
4. Contenido de minerales de grano de avena.....	25
5. Composición del grano de avena según distinta bibliografía.....	26
6. Serie histórica para el período 2002-2014 de temperaturas, humedad relativa, precipitaciones e ITH para la localidad de Paysandú.....	30
7. Composición de ingredientes de las RTM difiriendo en el nivel de inclusión de GEA.....	32
8. Composición química de los ingredientes.....	32
9. Condiciones climáticas del período experimental.....	39
11. Composición química y efectividad de la fibra (fef) del rechazo difiriendo en el nivel de inclusión de grano de avena (GEA).....	41
12. Composición química, características nutricionales y químicas de la dieta, expresada en % de MS, difiriendo en el nivel de inclusión de GEA.....	42
13. Efecto del nivel de inclusión de GEA sobre el consumo de MS, consumo de MS digestible (CMSD), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), cenizas totales (CT) y proteína cruda (PC).....	43
14. Medias ajustadas por tratamiento para la GMD, peso y altura a la salida del corral.....	46

15. Efecto del nivel de inclusión de GEA sobre la probabilidad de hallar la ocurrencia de diferentes actividades de comportamiento animal.....	49
16. Evaluación económica la del experimento para cada tratamiento. ....	51
17. Precio mínimo de la ternera para considerar factible la tecnología.....	52
18. Relaciones de precios de la avena y el ternero para evaluación de sensibilidad de la tecnología.....	53
Figura No.	
1. Sistema de manejo para realizar destete precoz.....	7
2. Croquis del corral.....	31
3. Evolución semanal del consumo de materia seca en terneros de destete precoz según el nivel de inclusión de GEA y sustitución de heno de alfalfa.....	44
4. Evolución de la ganancia de PV, eficiencia de conversión y consumo de materia seca digestible, en función del nivel de inclusión de GEA.....	48

## **1. INTRODUCCIÓN**

Se sabe que en nuestra ganadería una de las principales limitantes que presenta, entre otros factores, son los bajos índices de destete (alrededor de 64%) en los sistemas criadores.

Estos bajos índices de destete dificultan el principal objetivo de un establecimiento criador, que es poder obtener un ternero por vaca por año. Sin embargo, existen tecnologías como el destete precoz, que reducen los requerimientos energéticos de los vientres y ayudan a mejorar la eficiencia del procreo, principalmente aumentando el porcentaje de preñez en vacas flacas y primíparas, sin necesidad de grandes inversiones y con un alto impacto productivo y económico. En este sentido, es fundamental tener en cuenta la adecuada nutrición del ternero luego que es separado de su madre, para poder lograr ganancias similares o superiores que las que tendría al pie de la madre.

Simeone y Beretta (2002) han estudiado diferentes técnicas para la aplicación de destete precoz. A pastoreo con suplementación, sea la base forrajera campo natural o praderas se obtienen ganancias similares al pie de la madre. Por otro lado, estas ganancias pueden ser superiores cuando el destete precoz se realiza a corral. Todas estas alternativas se pueden adaptar a las necesidades de cada sistema de producción con buenos resultados en cuanto a la ganancia de peso del ternero. Sin embargo, el DPC permite obtener mayores pesos a los 180 días. Este negocio resulta alentador debido a que utiliza una categoría con excelentes eficiencias de conversión, de modo tal, que en la mayoría de las veces justifican la utilización de dietas en base a concentrados.

En el corral, el uso de dietas altamente concentradas requiere de la inclusión de fibra para evitar trastornos digestivos. La fibra cumple un rol mecánico y no de aportes de nutrientes, debido a que contribuye para el funcionamiento normal del rumen mediante estímulos en la rumia, en la salivación y por ende en el control del pH ruminal. Por esta razón, la incorporación de la fibra disminuye el riesgo de acidosis que se podría generar al utilizar dietas altamente concentradas. Por otro lado, en categorías jóvenes como terneros de destete precoz, es muy importante tener en cuenta el suministro de fibra, como forma no afectar el desarrollo del futuro rumiante. Sin embargo, la utilización de fuentes de fibra larga en la dieta, genera problemas en el sistema operativo del corral. Esto ocurre, debido a que requiere de inversión en maquinaria para el picado, distribución e instalaciones para su almacenamiento, que muchas veces dificultan el implemento de esta tecnología en zonas con menor aptitud agrícola, donde se encuentran los sistemas criadores.

Es aquí donde entra en juego diversas investigaciones que apuntan a solucionar el problema mediante la utilización de fibra corta, tales como subproductos de la industria de la celulosa (retornable fino), o de la agricultura (cascaras de arroz, semilla de algodón, grano de maíz entero). A nivel nacional, la cascara de arroz y el retornable fino fueron investigados en destete precoz y resultaron ser viables incorporados en baja proporción (10%). Sin embargo, estos productos son caracterizados por presentar escaso valor nutricional, el objetivo de incluirlos a la dieta es estrictamente funcional como forma de promover la rumia y evitar así la acidosis.

Es en este sentido, que parece interesante ampliar la investigación sobre otras alternativas de fibra corta, que permitan, según las condiciones de mercado, ser rentables al productor sin afectar la performance animal. La utilización de granos con alto porcentaje de fibra como lo es el grano entero de avena, debido a que contiene una tercera parte de cascara, podría generar niveles mínimos de fibra efectiva que no perjudicasen la performance animal. Esta posibilidad resulta interesante desde el punto de vista operativo ya que no requiere ningún tipo de instalación o maquinaria para su suministro siendo de muy fácil manipulación, sumado a que, en algunos sistemas de producción el productor podría producir su propia semilla. Es importante considerar que la inclusión del GEA no solamente aporta fibra como también aporta almidón en la dieta. Por lo que, al ser de alta degradabilidad, sería relevante identificar cual sería el nivel óptimo de inclusión que mantenga el aporte mínimo de FDN efectiva en la dieta, sin afectar la performance animal a corral. Al mismo tiempo existe escasa información sobre la utilización del GEA como fuente de fibra efectiva, resultando importante generar coeficientes técnicos que permitan valorar esta tecnología.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de niveles crecientes de sustitución de la fibra larga por grano entero de avena como fuente de fibra efectiva en dietas concentradas, sobre la performance y eficiencia de uso del alimento en terneros destetados precozmente y alimentados a corral.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. INTRODUCCIÓN**

A continuación se describen los antecedentes relacionados a la tecnología del destete precoz bajo la óptica de un sistema de alimentación a corral, que incorpora el grano de avena entero, en sustitución de la fibra larga (heno) como fuente de fibra efectiva. El problema que se apunta a solucionar (la remoción de la fibra larga de la dieta), se relaciona con aspectos nutricionales que afectarían la calidad de la dieta así como el proceso de ingestión-digestión y eficiencia de conversión; que junto a aspectos operativas y económicas, se abordarán en este capítulo.

### **2.2. DESTETE PRECOZ: ASPECTOS RELACIONADOS AL DESARROLLO DEL TERNERO**

La cría vacuna en el país se ha caracterizado por una baja eficiencia reproductiva debido, principalmente, al déficit nutricional que sufren las vacas durante el invierno, aliado a los largos periodos de amamantamiento (Rovira, Pordomingo, Scaglia, Pereira y Soca, Quintans et al., citados por Quintans et al., 2013)

La tecnología del destete precoz es una herramienta orientada a levantar restricciones de tipo endócrino durante el amamantamiento y nutricionales. La eliminación de las exigencias nutricionales para la producción de leche, mejoran el balance energético de la vaca en el posparto, ya que ocurre un cambio en la partición de la energía que incide en la recuperación del estado corporal. Así, se obtiene un rápido retorno a la actividad sexual cíclica y un incremento en la tasa de preñez, en vacas de segundo entore y/o vacas con pobre condición corporal, pastoreadas sobre campo natural en Uruguay. A su vez se debe alimentar el ternero de manera tal que mantenga una ganancia similar a la que tendría al pie de la madre (Simeone y Beretta 2002, Sampetro 2004, Simeone y Beretta 2008).

#### **2.2.1. Fisiología digestiva de los terneros**

El destete precoz es una técnica que consiste en separar de forma abrupta el ternero de la madre, buscando a través de la interrupción de la lactación, disminuir los requerimientos de la vaca. Para llevarlo a cabo se tienen en cuenta dos criterios fundamentales: la edad y el peso. Para los cuales se recomienda edades de 60 a 70 días y 70 kg de peso vivo del ternero (Simeone y Beretta, 2002).

Dado que el animal nace con fisiología digestiva de lactante, caracterizado por presentar divertículos estomacales no funcionales, necesita de un periodo de transición (entre la tercera y octava semana de vida) en el cual el animal comienza la ingesta de alimentos sólidos, que estimularán gradualmente el desarrollo de los divertículos estomacales. Se percibe que alrededor de los 60 días de edad, el ternero presenta una flora ruminal tal, que permite la digestión fermentativa de alimentos sólidos similar a la de un rumiante adulto (Relling y Mattioli, 2002).

El periodo de adaptación a una dieta sólida es considerado el más crítico, ya que la interrupción de la dieta líquida puede condicionar el desarrollo futuro del rumiante (Simeone y Beretta, 2002).

Según Church, citado por Correa (2006) el crecimiento del retículo-rumen está estimulado por el consumo de alimentos voluminosos; a su vez, los alimentos con capacidad de fermentarse y producir ácidos grasos volátiles estimulan la formación y maduración de papilas. Orskov, citado por Simeone y Beretta (2002) afirma que alimentos altamente fermentables como granos de cereales garantizan un más rápido desarrollo del rumen. Además, Thickett et al. (1989) describen el beneficio que presenta el material fibroso, aún mezclado con el concentrado, sobre el mantenimiento del pH óptimo del rumen, destacando que el grado de acidez afecta la eficiencia y el tipo de las papilas.

Por otra parte, Relling y Mattioli (2002) mencionan la importancia de la fibra en la dieta para la estimulación del desarrollo del rumen y señalan que la capacidad relativa del retículo-rumen a los 4 meses de vida, de animales alimentados con forrajes o concentrados, es de 42 litros y 30 litros respectivamente. Además remarcan que la alimentación exclusivamente con líquidos, hasta 13 semanas de vida, condiciona la capacidad gástrica del rumiante, la cual aún está representada en un 30% por el abomaso.

### **2.2.2. Consumo**

Categorías jóvenes como terneros son las que más consumen en relación a su peso vivo, obteniendo valores en torno al 2,8% a 3,2% del peso vivo (Pordomingo, 2005). Sin embargo, se ha constatado que en terneros sometidos al destete precoz, los valores pueden ser aún mayores, alcanzando hasta un 3,62% del peso vivo (Pordomingo y Volpi Lagreca, 2004).

El consumo en dietas altamente energéticas puede verse disminuido a través de mecanismos quimiotácticos, que actúan sobre la saciedad o por efecto de la concentración energética sobre el metabolismo. Por otra parte, dietas con más del 50% de voluminoso pueden afectar el consumo voluntario

mediante el efecto de llenado, dado que la capacidad del rumen es limitada y la velocidad con que ingresa la materia orgánica no puede ser mayor a la que sale (Rovira, 2012). Por lo que, el bajo valor nutritivo de la dieta (baja digestibilidad) junto a una menor tasa de fermentación y disminución de la tasa de pasaje, aumentan en el tiempo de retención, reduciendo así, el consumo (Pordomingo, 2005). No obstante, el consumo tiende a aumentar linealmente con incrementos en la digestibilidad hasta valores cercanos al 80 % (Rovira, 2012).

Relling y Mattioli (2002) hacen referencia a la importancia de la digestibilidad del alimento en la regulación del consumo. Indican que una digestibilidad inferior al 68% produce el efecto de llenado y cuando la misma es superior al valor mencionado interfiere en el consumo mediante una regulación quimiotáctica.

Existen estímulos asociados al ambiente, como el manejo, clima, enfermedades que pueden afectar el consumo a través de la modificación del control físico metabólico (Ketelaars et al., citados por Cangiano, 1996).

En este sentido, el consumo se reduce marcadamente cuando la temperatura está por encima de 26°C. Esta reducción funciona de forma estratégica para mantener la temperatura corporal en temperatura óptima, dado que al disminuir el consumo, se reduce la producción de calor generada por la fermentación ruminal. Al mismo tiempo, la humedad relativa, el viento y la radiación están interrelacionados afectando así el consumo (McDowell, citado por Araujo-Febres, 2005).

### **2.2.3. Requerimientos nutricionales**

Debido a que esta categoría se encuentra en etapas tempranas de crecimiento, se caracteriza por ser altamente eficiente, dado que el desarrollo del músculo es el principal componente de ganancia de peso. A su vez, esta mayor relación músculo/grasa determina altos requerimientos de proteína por kilogramo de peso vivo (Simeone y Beretta, 2002).

Para que el ternero destetado precozmente mantenga una ganancia igual a la que tendría al pie de la madre (0,600 kg/día) es necesario suministrar una dieta que cubra con los requerimientos adecuados al mantenimiento y crecimiento. Según NRC, citados por Simeone y Beretta (2002) las exigencias nutricionales en terneros de destete precoz son: 2,60 Mcal/kg de materia seca (MS) de energía metabolizable, 16% de proteína cruda/kg MS, 0,64% de calcio/kg MS y 0,32% de fósforo/kg MS.

Estos valores son similares a los propuestos por Sampedro et al. (2006) quienes mencionan que los terneros destetados precozmente a campo natural requieren 18% proteína bruta/Kg MS, 2,90 Mcal/kg MS de energía metabolizable para lograr 0,550 kg de ganancia. Thickett et al. (1989) hacen referencia a que la tercera parte de la proteína bruta debería ser no degradable en rumen y, que una vez que el consumo diario se estabilice, el aporte de proteína microbiana sería suficiente para reducir a un 16% de proteína bruta.

Pordomingo (2005) señala la importancia de una dieta que mantenga niveles superiores al 15% de proteína bruta y que además provea una oferta de nitrógeno no proteico por debajo de un tercio del total ofrecido, ya que se debe considerar que los terneros no manipulan el nitrógeno con la eficiencia de los novillos o las vacas.

Las necesidades energéticas de aumento de peso vivo por kg varían en función del peso (Creaplet, 1969). Thickett et al. (1989) mencionan que estas no solo aumentan con la edad y el peso, sino que también varían con la concentración de la ración, de modo que la utilización de raciones altamente energéticas aumentan la eficiencia para el crecimiento. Simeone y Beretta (2002) destacan la importancia de aumentar la concentración energética en la dieta debido a un menor consumo potencial en terneros de destete precoz. Además, la alta eficiencia de conversión de los terneros compensaría el costo de inclusión de alimentos concentrados con alta tasa de fermentación y elevada concentración energética, al igual que los suplementos proteicos para cubrir los requerimientos diarios de proteína metabolizable.

Pordomingo (2005) sugiere el control del nivel de macro minerales (fósforo, calcio y magnesio) debido a que si la dieta se basa en granos como sorgo, avena y/o maíz, los aportes de estos no satisfacen las necesidades del ternero, por tanto sería necesaria la adición de los mismos mediante núcleos u otros oferentes minerales.

#### **2.2.4. Sistemas de manejo para realizar destete precoz**

Es muy importante definir cuál es la crianza que se realizará a los terneros destetados precozmente; considerando que junto a las altas exigencias proteicas y energéticas, el consumo limitado (dado su bajo desarrollo ruminal) determinará la dificultad de satisfacer las necesidades diarias de mantenimiento y requerimiento (Simeone y Beretta, 1999).

Los sistemas de alimentación post-destete (Figura 1) parten de una base forrajera (con o sin suplemento) o de un manejo exclusivamente a corral.

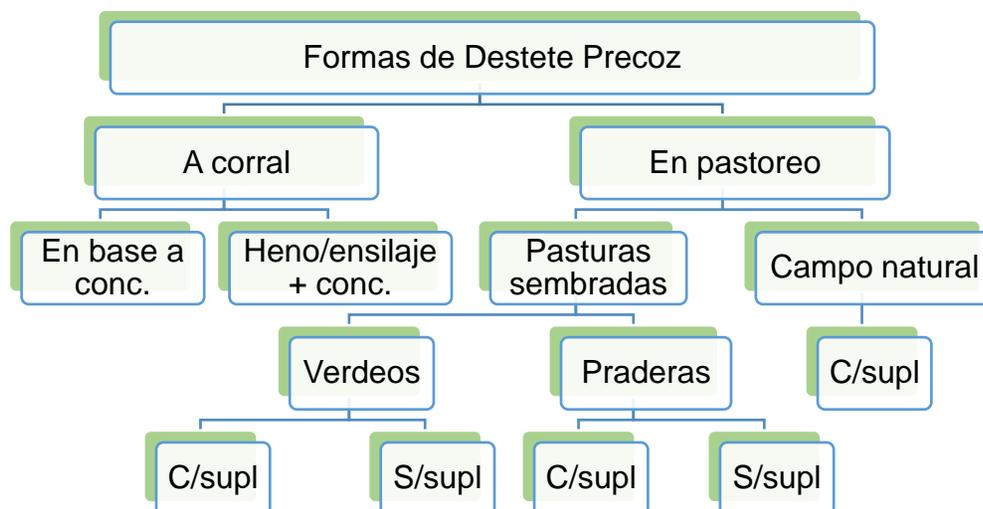


Figura 1. Sistema de manejo para realizar destete precoz (Fuente: Simeone, 1995)

La baja calidad del campo natural durante el verano limita su uso como fuente única de alimentación para terneros de destete precoz. Aún en pasturas sembradas donde existe más aporte nutritivo y mejor desempeño de los terneros, no se obtienen ganancias como la que se obtendrían al pie de la madre. Por tanto, la suplementación surge como una alternativa para superar esta limitante (Simeone y Beretta, 2002). En este sentido, terneros destetados precozmente manejados sobre praderas con una asignación de forraje del 8% del peso vivo, suplementados al 1% del peso vivo, con un concentrado energético-proteico (digestibilidad de 80% y 18% de proteína cruda) mantienen ganancias diarias equiparadas a los terneros que permanecen al pie de la madre en campo natural (Cuadro 1, Simeone y Beretta, 2008).

Cuadro 1. Ganancia diaria de terneros sometidos a destete precoz o manejados al pie de la vaca para pariciones de primavera

	<b>Destete tradicional*</b>	<b>Destete precoz**</b>			
Suplementación en % PV		0%	0,5%	1%	1,5%
Ganancias medias diarias (kg/día)	0.590	0,201-0,249	0,39	0,52	0,58
Eficiencia de conversión de la ración			2.2:1	2.8:1	3.7:1

\*Permanecen al pie de la madre en campo natural, destete a los 6 meses.

\*\* Destete a los 2 meses, manejados sobre pradera de Lotus con una asignación de forraje de 8 kg MS/100 kg de peso vivo.

Fuente: Simeone et al., citados por Simeone y Beretta (2008)

Simeone y Beretta (1999) destacan que no hay un sistema que sea mejor que otro, sino que lo fundamental es saber cuál es el más adaptado a las características y a los objetivos del sistema de producción en el que se aplicará. Cuando el objetivo, además de incidir sobre la performance reproductiva de las madres, es obtener mayores ganancias diarias y por lo tanto, mayor peso del ternero a los 180 días, el manejo a corral es la técnica que mejor se adapta. La alimentación a corral posibilita mayor incidencia y control sobre la nutrición temprana del ternero, y a su vez permite la expresión del potencial de crecimiento (Simeone y Beretta, 2012).

El destete precoz a corral (DPC) también tiene la ventaja de liberar áreas para otras categorías y aprovechar la alta eficiencia de conversión que presenta esta categoría (Elizalde, 2015).

Las dietas de corral se caracterizan por presentar elevado contenido de concentrado y una adecuada proporción de fibra para evitar problemas digestivos, de este modo se optimiza la productividad animal (Arroquy et al., 2010). Sin embargo, la inclusión de fibra larga en dietas de corral, si bien es suministrada en niveles bajos, tiende a ser una limitante desde el punto de vista operativo (falta de maquinaria de distribución, mezclado y picado) y económico. El heno, bajo determinadas circunstancias, puede convertirse en uno de los alimentos más caros por unidad de energía suministrada (Simeone y Beretta, 2008), por lo que, lograr sostener una fermentación adecuada sin fibra larga permitiría simplificar la alimentación a corral (Pordomingo, 2002).

### **2.3. ROL DE LA FIBRA EN DIETAS DE CONFINAMIENTO**

Los carbohidratos son el principal componente de los tejidos vegetales representando hasta un 70 - 75%; a partir de estos, los animales obtienen la energía (Church et al. 2002, Mora 2007).

La fibra está compuesta por carbohidratos estructurales tales como celulosa, hemicelulosa, pectinas,  $\beta$ -glucanos, lignina y ácido fenólico (Bach y Calsamiglia, 2006). Estos se cuantifican mediante el Método de los Detergentes desarrollado por Van Soest, citado por Acosta (1991). Este método consiste en someter la fibra a tres procesos, con detergente neutro, detergente ácido y una solución ácida para determinar la lignina. De este modo, se llega a determinar la Fibra Detergente Neutro (FDN) que cuantifica la celulosa, hemicelulosa y lignina; la Fibra Detergente Ácido (FDA) que representa la celulosa y lignina (Van Soest et al., citados por Bach y Calsamiglia, 2006); y por último, la Lignina Detergente Ácido (LDA), que separa la lignina (Bach y Calsamiglia, 2006).

La importancia del nivel de fibra sobre la performance animal está vinculada con su efecto sobre la funcionalidad y salud ruminal, junto a los requerimientos de los animales con respecto a los productos finales de fermentación (Fox y Tedeschi, 2002).

La fibra mantiene el pH y la motilidad ruminal, mediante procesos mecánicos de masticación, que estimulan la salivación, favoreciendo que se conserven las condiciones adecuadas del rumen (Mertens, 2002).

### **2.3.1. Consumo y digestión de la fibra**

El rumiante debe consumir una cantidad mínima de fibra para estimular la rumia y la salivación; a su vez cuando la cantidad de fibra en la dieta es excesiva se produce un llenado del rumen disminuyendo la tasa de pasaje y por consiguiente también el consumo. Por otra parte, cuando las dietas son muy concentradas, dado su baja participación y valor nutritivo, la fibra pasa a tener un rol netamente funcional en la prevención de trastornos digestivos, y así permite obtener mayor consumo energético para ganancia de peso vivo (Defoor et al. 2002, Palladino et al. 2006).

Terneros lactantes no presentan requerimientos de fibra; sin embargo, en terneros que rumian el valor real de la fibra comienza a partir de los 100 kg de peso vivo. En ese momento la fibra empieza a cubrir hasta cierto punto las necesidades energéticas del ternero destetado, pero principalmente participa en el desarrollo del rumen. Esto ocurre debido a que la fibra influye sobre el aumento de tamaño del rumen, en la capacidad de absorción y en el mantenimiento del pH óptimo (Thickett et al., 1989).

En dietas para terneros de post destete la inclusión de fibra sería recomendable para evitar el exceso de grasa durante el crecimiento temprano; mientras que en dietas de alta energía, utilizadas para terminación, la inclusión de fibra es eficaz para controlar acidosis (Fox y Tedeschi, 2002).

Galyean y Defoor (2003) hacen referencia a la importancia que tiene la inclusión de fibra larga para mantener el nivel mínimo de fibra en la dieta, ya que como se ha mencionado previene la acidosis ruminal, y a su vez estimula el consumo de energía. Como contrapartida el excesivo consumo de voluminosos tiene como efecto una disminución de la energía de la dieta, una reducción de la ingesta y por ende, de la productividad animal (Mertens, 1997).

Dado y Allen, citados por Mejía (2002) confirmaron que vacas al inicio de lactación, consumiendo dietas con altos niveles de fibra tienen el consumo limitado por la capacidad física del retículo-rumen.

La fibra puede ser degradada únicamente en el rumen (Palladino et al., 2006) y la degradación se inicia a través de la adhesión de las bacterias fibrolíticas sobre la pared vegetal. Luego de la adhesión, las enzimas celulasa y hemicelulasa son responsables por degradar los componentes de dicha pared. Se produce glucosa o pentosa como productos intermedios y en la mayoría de las veces las bacterias fibrolíticas utilizan vías fermentativas que permiten la obtención de acetato como producto final (Calsamiglia, 1997). Staples, citado por Church (1993), hace referencia al hecho de que al aumentar el consumo de ración, la tasa de digestión de la celulosa tiende a descender linealmente; de modo que, la tasa de digestión de la fibra, está influenciada por el nivel de consumo del alimento.

La tasa de pasaje está afectada por el tamaño de partícula del alimento. Por lo que, una reducción en el tamaño, mejora la digestibilidad de la dieta debido al aumento de la superficie de contacto para los microorganismos ruminales. Sin embargo, cuando el tamaño de picado es excesivamente chico, la fibra puede escapar más rápido del rumen y el efecto resulta inverso (Palladino et al., 2006).

Otro factor que podría estar influyendo en la tasa de digestión de la fibra es el pH ruminal, cuyo nivel óptimo oscila entre 6,7 y 7,1 (Stewart, citado por Church, 1993). Coincidiendo con lo anterior, Relling y Mattioli (2002) afirman que la flora celulolítica se desarrolla mejor en medios menos ácidos (pH 6,0 a 6,9). El pH bajo puede atrasar la adhesión de los microorganismos a la celulosa dada la presencia de inhibidores de la fijación como lo es el almidón soluble o por la ausencia de compuestos que estimulan dicha fijación (Church, 1993).

A medida que se incorpora a la dieta cantidades importantes de almidón, cereales o azúcares, la alta producción de ácido grasos volátiles y de lactato, disminuyen el pH ruminal afectando negativamente la tasa de digestión de la fibra (Stewart, citado por Church 1993, Palladino et al. 2006). Sin embargo, a pH neutro, la digestibilidad de la fibra disminuye poco (Church, 1993).

Coincidiendo con lo anterior, Fox y Tedeschi (2002) hacen referencia a que la degradación de un alimento puede verse afectada por el tiempo que el pH del rumen permanece por debajo de un determinado valor, el cual podría afectar el crecimiento microbiano y por tanto las funciones ruminales. Además, Calsamiglia et al. (2002a) mencionan que el pH ruminal mantenido constante a 5,7 afectó negativamente la digestibilidad de la FDN y FDA.

La calidad de la fibra está determinada por la proporción de sus componentes: celulosa, hemicelulosa y lignina (Palladino et al., 2006). A su vez,

la velocidad de la degradación de la fibra está inversamente relacionada con el grado de lignificación presente en la pared celular (Calsamiglia, 1997). La calidad de la fibra y particularmente sus características de degradabilidad pueden influir de forma positiva en el consumo de MS. La salida rápida de la FDN del rumen, obtenida a través de una mejora en la facilidad de hidrólisis de la FDN, estimula un mayor consumo de MS (Allen y Oba, Tafaj et al., citados por Zebeli, 2009).

Pese a que las gramíneas presentan menor contenido de lignina que las leguminosas, se observa una menor tasa de digestión de la pared celular de las gramíneas, debido a que provoca un mayor llenado ruminal y menor consumo explicado por la forma en que se relaciona la lignina con la hemicelulosa y celulosa (Palladino et al., 2006).

Por otro lado, las pasturas de alta calidad, presentan una fibra poco lignificada y de alta degradabilidad ruminal, a pesar del alto contenido de FDN en comparación con los concentrados. En contraparte, esta fibra se caracteriza por presentar bajo niveles de fibra físicamente efectiva, lo que trae acarreado una disminución de la masticación y consecuentemente de la producción de saliva, que junto a la alta producción de ácidos grasos volátiles inciden en la reducción del pH ruminal. Sin embargo, como la producción de lactato es menor que en dietas con alimentos concentrados, la degradación preferencial del almidón por parte de los microorganismos a pH bajos no ocurre en dietas con alta proporción de forrajes, por lo que la degradabilidad de la fibra no se ve afectada (Palladino et al., 2006).

Los ácidos grasos volátiles en dietas forrajeras, proporcionan del 50 al 85% de la energía metabolizable, utilizada por los rumiantes. Los productos de la fermentación varían según la composición de la dieta. Dietas basadas en forrajes, son ricas en celulosa, pobres en almidón y presentan un contenido intermedio de azúcares solubles. Por lo que, al predominar una flora celulolítica y sacarolítica, se obtiene una producción de ácido acético elevada. En contraparte, para dietas ricas en concentrado, la flora predominante está compuesta por bacterias amilolíticas, las que producen mayores cantidades de propionato (Church, 1993).

Un experimento realizado en ovinos con heno de alfalfa para determinar los productos de fermentación demostró que las producciones de ácidos formados en el rumen al principio contenían en torno al 80 % de ácido acético, 7% ácido butírico. El producto final contuvo 68% de acético y 14% de butírico, reflejando así, la formación de butírico mediante la condensación de moléculas de acético (Weller et al., citados por Araujo-Ferbes y Vergara-López, 2007).

### **2.3.2. Rol funcional de la fibra: fibra efectiva (FDNe) y fibra físicamente efectiva (FDNfe)**

Según Mertens (2002) la fibra efectiva (FDNe) satisface las necesidades mínimas de fibra para mantener la producción de grasa de la leche en vacas lecheras. La FDNe se correlaciona con la capacidad de un alimento para substituir el forraje de una ración de modo tal, que se mantenga el porcentaje de grasa de la leche producida (Mertens, 1997).

Por otro lado, la fibra físicamente efectiva (FDNfe) está relacionada con las propiedades físicas de la fibra como el tipo, tamaño y forma, las cuales afectan la actividad de masticación y la naturaleza bifásica del contenido ruminal -fibras y partículas largas que flotan por un lado, y partículas más pequeñas que se estratifican por otro (Mertens, 1997).

La FDNe incluye propiedades como la capacidad buffer intrínseca, la proteína soluble, la concentración de carbohidratos y de ácidos grasos durante la fermentación, entre otros (Mertens, 2002). Mientras que, la FDNfe abarca solamente las características físicas de la fibra, resultando en un concepto más restringido que el de FDNe (Mertens, 1997).

La respuesta animal asociada a la FDNe es el grado de depresión de grasa de la leche relacionado a una ración. Los factores de efectividad para la FDN, toman valores de 0, cuando una dieta no tiene capacidad para sostener el porcentaje de grasa de la leche, o valores superiores a 1, cuando mantiene mejor el porcentaje de grasa en leche que la actividad de masticación (Mertens, 1997).

La cuantificación de la FDNfe de un alimento (Cuadro 2) se basa en el producto de su concentración de FDN y su factor de efectividad de la fibra (fef). Por otro lado, la actividad de masticación es la respuesta animal asociada a la FDNfe y se relaciona con los valores de fef. Se hace referencia a que valores de fef de 0, no son efectivos para estimular la masticación mientras que, valores de 1, son completamente efectivos y promueven la actividad máxima de masticación. Sin embargo, la FDNfe transmite una medida más coherente de la efectividad física que de la actividad de masticación por kg de MS, debido a que toma en cuenta dos características esenciales de las raciones que alteran la masticación (tamaño de partícula y FDN) y porque se minimizan los cambios de la ingesta y del tamaño animal (Mertens, 1997).

Cuadro 2. Estimación FDNfe de los distintos alimentos mediante análisis químicos y físicos en el laboratorio

Alimento	Forma física	FDN	fef	FDNfe***
Alfalfa, deshidratada**	pellet	45	0,4	18
Heno de alfalfa, floración temprana**	picado medio	42	0,85	35,7
Heno de alfalfa, floración temprana**	picado largo	42	0,95	39,9
Ensilaje de maíz*		51	0,81	41,5
Ensilaje de maíz, bien espigado**	picado fino	40	0,8	32
Ensilaje de maíz, bien espigado**	picado grueso	40	0,9	36
Ensilaje de alfalfa, floración temprana**	picado fino	42	0,7	29,4
Ensilaje de sorgo**	picado grueso	65	0,95	61,8
Grano de cebada**	laminado	19	0,7	13,3
Grano de maíz**	molido	10	0,4	4
Harina de soja*		14	0,23	3,2
Harina de soja(44%PC)**		15	0,4	6
Cascara de soja*		67	0,03	2
Cascara de soja**		67	0,4	26,8
Cascara de arroz*		56	0,005	0,3
Cascara de algodón**		26	0,9	23,4

\*\*\* La FDNfe se calcula multiplicando FDN por la fracción retenida en un tamiz de 1,18 mm. Se utilizó sacudidas verticales.

Fuente: Mertens (1997\*, 2002\*\*).

Solamente las partículas de fibra de tamaño grande, suficientes para ser retenidas por el rumen y que requieren masticación son las que contribuyen a la FDNfe (Mertens, citado por Mertens, 2002). En este sentido, las partículas de tamaño inferior a 1,18 mm abandonan el rumen más rápidamente que las de mayor tamaño, provocado poco estímulo a la masticación (Mertens, 1997).

La cuantificación de la FDNfe propuesta por Mertens (1997) en el método de laboratorio, se obtiene mediante el producto de la proporción de MS retenida en el tamiz de 1.18mm, por el contenido de FDN de la dieta.

El Separador de partículas Penn State (PSPS) es una herramienta útil para determinar la distribución y el tamaño de partícula, ya que estas van a condicionar la característica de efectividad de la fibra (Heinrichs y Kononoff, 2008). El PSPS fue desarrollado por Lammers et al., citados por Beauchemin y Yang (2006b) y es considerado un método práctico, de uso rutinario en campo, y de bajo costo. La determinación FDNfe a través el PSPS, se basa en la suma de la fracción de MS contenida en tamices de 8 y 19 mm (Lammers et al., citados por Zebeli et al., 2009). El investigador Kononoff incorporó un tamiz adicional de 1.18mm al PSPS (Beauchemin y Yang, 2006b). De esta forma, la FDNfe pasó a ser determinada mediante la suma de las partículas retenidas en tamices 1.18, 8 y 19 mm multiplicados por el nivel de FDN de la dieta (Kononoff, citado por Zebeli et al., 2009). El nuevo tamiz se incorporó para correlacionarse con el sistema desarrollado por Mertens (1997), y para incluir el tamaño de partícula crítico necesario para la retención de las mismas en el retículo rumen (Poppi y Norton, citados por Beauchemin y Yang, 2006b).

Por otra parte, el método más preciso para determinar el contenido de FDNfe de una ración totalmente mezclada (RTM), debido a que toma en cuenta las diferencias que existen en el contenido de FDN entre las distintas fracciones de partícula, se basa en medir la proporción de FDN retenida en los tamices de 8 o 1.18 mm del PSPS (Zebeli et al., 2009).

Cuando el nivel de fibra físicamente efectiva es excesivo en la dieta, el consumo de alimento por parte de las vacas tiende a disminuir. Al mismo tiempo, se reduce la eficiencia de conversión dada la reducción de la síntesis de proteína microbiana (Beauchemin y Yang, citados por Zebeli et al., 2009).

En contraparte, el bajo contenido de FDNfe en la dieta podría aumentar el consumo de MS en vacas lecheras, a causa del efecto positivo sobre el llenado del rumen. Al mismo tiempo, el bajo nivel de fibra podría generar consecuencias en el ambiente ruminal, debido al incremento en la intensidad de fermentación, por lo que, la ingesta de MS puede verse reducida (Zebeli et al., 2009).

Se ha visto que en vacas lecheras, cuando no se alcanzan los niveles mínimos de fibra en la dieta, se pueden generar problemas de acidosis ruminal, laminitis y otros desórdenes metabólicos. Por lo que, el tamaño, la densidad de partícula, y la tasa de hidratación son responsables por afectar el tiempo en el cual el animal está rumiando y masticando (Welch, citado por Fox y Tedeschi, 2002).

La acidosis ruminal subaguda (SARA) causa pérdidas económicas importantes en el sistema de producción, dado los problemas de salud que

genera y la elevación de costo de la dieta, en función de una peor digestibilidad de la fibra y descenso de la eficiencia de conversión. La SARA y el pH ruminal, son dependientes del contenido de FDNfe, de la fuente de grano y fermentabilidad de la dieta (Zebeli et al., 2009).

Mediante el manejo del tamaño de partícula de la dieta se puede incrementar el tiempo de masticación y mejorar las condiciones del pH ruminal; de esta manera se podría disminuir el riesgo de acidosis ruminal (Yang et al., citados por Beauchemin y Yang, 2006a).

De acuerdo con Zebeli et al. (2008) el pH ruminal promedio diario, puede verse incrementado al aumentar la relación entre la cantidad de FDNfe > 1.18mm y el contenido de almidón degradable en rumen de granos en la RTM. Pese a esto, la relación no es lineal, debido a que presenta una curva asintótica cuando la relación es de 1.45 a pH ruminal constante de 6.2.

A su vez, se encontró una limitante fisiológica en la cual valores de FDN > 8mm pueden mejorar la rumia y el pH ruminal en vacas lecheras en lactación. Por lo que hay una respuesta asintótica entre el pH ruminal y el tiempo de rumia con niveles de 16,4% y 20% FDN > 8mm en la dieta (Zebeli et al., 2010).

Un estudio realizado por Beauchemin y Yang (2006a) en vacas lecheras, alimentadas con concentrado y ensilaje de cebada de distintos tamaños de partículas, demostró que el tiempo de masticación aumentaba linealmente con el incremento del contenido de FDNfe. No obstante, el mayor tiempo de masticación no siempre tendió a mejorar el pH ruminal. Por lo que, el tamaño de partícula de la dieta, expresado como FDNfe, es un indicador confiable de la actividad de masticación. A pesar del aumento del tiempo de masticación y por ende de la secreción salival, no superaron por completo los efectos de la digestión del alimento y la producción de AGV que disminuyen el pH del rumen.

El equilibrio entre la producción de AGV y la secreción buffer salival es el principal determinante del pH ruminal. Por lo que, un mayor consumo de FDN por unidad de grano, podría resultar en un pH ruminal más elevado, o al menos estable, debido a que la mayor proporción de FDN en cada mordida podría estimular más masticación y secreción de saliva (Allen, citado por Galyean y Defoor, 2003).

La relación entre el FDNfe y el pH del rumen es inconsistente debido a que la FDNfe no tiene presente las distintas capacidades de fermentación de los alimentos en el rumen, y no prevé distinción en la masticación y en el pH del

rumen dada la fermentación de los granos. Esto podría generar una influencia importante en el pH ruminal (Beauchemin y Yang 2006a, Krause et al., citados por Beauchemin y Yang 2006b).

Existe una correlación positiva ( $r = 0,50$ ;  $p = 0,001$ ) entre el contenido de FDNfe de la dieta y la tasa de digestión del almidón potencialmente degradable en el rumen (Zebeli et al., citados por Zebeli et al., 2009). En vacas lecheras para aumentar la eficiencia en la utilización del almidón y de los alimentos y reducir el riesgo de acidosis ruminal, el incremento en la cantidad de almidón by-pass, resultó ser una alternativa eficiente (Nocek y Tamminga, citados por Zebeli et al., 2009).

Las recomendaciones de tamaño de partícula dependen del tipo de alimento con el cual se está trabajando (Heinrichs y Kononoff, 2008).

Una composición de 30-32% aproximadamente de FDNfe de partículas mayores a 1,18 mm en la dieta, sería capaz de sostener un pH ruminal promedio diario de 6,2. Resultando en un impacto positivo ya que se vería disminuido el riesgo de acidosis y la depresión de la grasa de la leche, sin afectar negativamente el consumo diario de alimento y la producción de leche (Zebeli et al., 2009).

Las concentraciones mínimas recomendadas de fibra se basan principalmente en mantener la salud ruminal y de la vaca, mientras que las concentraciones máximas de fibra estarán determinadas por los requerimientos de energía del animal, debido a que un mayor nivel de fibra en la dieta puede estar limitando el consumo voluntario de materia seca mediante el efecto de llenado del rumen (Keim, 2013).

En vacas lecheras, el nivel de FDN recomendado para mantener 3.4% de grasa en la leche oscila de 25 a 27% de la ración. Además, es necesario aportar 22 % de la materia seca en forma de FDNfe para mantener el pH del rumen por encima de 6 en ganado lechero (Mertens, 1997).

Sin embargo en contraposición a lo anterior Beauchemin et al., citados por Bach y Calsamiglia (2006), concluyeron que variaciones de FDNfe entre 22 y 42 % de la materia seca no tiene mayores repercusiones en la producción de leche, ni en el contenido de grasa en la misma.

Para Pordomingo (2005) la cantidad mínima del recurso fibroso a incorporar en una dieta, para que mantenga una actividad fermentativa adecuada es de 10% de FDA, en base seca. Además menciona que al menos la mitad de ese aporte debería ser fibra efectiva o larga, y que la función de la

misma no es para un aporte energético, sino para la generación de un efecto mecánico; lo que significa que es posible utilizar diversos sustitutos de bajo costo.

García y Kalscheur (2006) observaron que no es la concentración de fibra detergente neutro (FDN) la que condiciona la efectividad de la fibra, sino el tamaño de la partícula del forraje del que proviene esa FDN. También hacen referencia a que la reducción del tamaño de la partícula podría estar afectando el tiempo en que el forraje permanece en el rumen, disminuyendo así, la digestibilidad total de la dieta.

El requisito de FDNfe en la dieta depende de distintos factores relacionados a la RTM, tales como el procesamiento del grano, el nivel y la velocidad de fermentación del almidón, la relación del forraje y el grano, y no dietéticos como por ejemplo los procesos dinámicos del rumen (Zebeli et al., 2012). Rustomo et al., citados por Zebeli et al. (2012) hacen referencia a que vacas lecheras alimentadas con granos altamente fermentables como trigo y cebada necesitan mayores cantidades de FDNfe para equilibrar los altos valores acidogénicos. Sin embargo, los niveles son menores cuando la dieta se basa en cereales menos degradable en rumen como la avena y el maíz.

Se considera óptimo una inclusión de relación de 1,45 entre la FDNfe>1.18mm y el almidón degradable en rumen de los granos en la RTM. No obstante, esta relación puede ser difícil de obtener cuando las dietas se basan en cereales de alta degradabilidad (Zebeli et al., 2012).

Zebeli et al. (2010) hacen referencia que dietas con menos de 14.9% de FDNfe>8mm presentan un riesgo inminente de SARA. Por otro lado, niveles más elevados que estos, pueden reducir el consumo de MS y por ende la producción de leche. En términos de seguridad, para prevenir el riesgo de SARA, se aconsejan valores entre 14,8 y 18% de FDNfe>8mm o 31,2% FDNfe>1.18mm para vacas en lactación (Zebeli et al., 2012).

Se sugiere para vacas lecheras un nivel mínimo de FDNfe de 19% a 21% en base seca en la dieta para mantener la salud y productividad a largo plazo. Sin embargo, en los feedlots, como el sistema de producción es a corto plazo, y es necesario maximizar el rendimiento, la concentración de fibra puede ser menor que en vacas lecheras (Mertens, 1997). Como la fibra se caracteriza por presentar menor densidad de energía que los concentrados y menor degradabilidad ruminal cuando los mismos presentan niveles elevados en la RTM, el menor nivel de fibra en las dietas puede mejorar el rendimiento animal. (Bierman et al., citados por Mertens, 1997).

Para ganado de engorde, los niveles de FDNfe para minimizar los

abscesos hepáticos y maximizar la ingesta son de respectivamente 22 y 25% (Mertens, 2002). Por otra parte, para maximizar la digestibilidad de la pared celular, optimizando la utilización de forraje el nivel de FDNfe mínimos es 20% (Fox y Tedeschi, 2002). Aunque existen referencias de valores mínimo de 7% de FDNfe para bovinos en terminación (Strasia y Gill, citados por Fox y Tedeschi, 2002).

La recomendación actual mínima de FDNfe para bovinos en engorde es de 15% en la dieta, con un rango variable de 12 a 18%. Se sugiere bajar las recomendaciones de FDNfe, cuando se incrementa niveles de grasas mayores al 5% en las RTM (Mertens, 2002).

### **2.3.3. Evaluación de fuentes alternativas de fibra para dietas sin fibra larga**

La introducción de la fibra corta en una dieta seca concentrada, permitiría eliminar la problemática del manejo operativo de la fibra larga y además viabilizar la implementación del sistema de alimentación a corral a menor escala (Simeone y Beretta, 2016).

La fibra necesaria en dietas de confinamiento ejerce un efecto físico o mecánico más que nutritivo por, lo cual en dietas con alto contenido de concentrados energéticos la fracción fibra tiene baja degradación ruminal (Zinn y Owens, citados por Pordomingo, 2005).

La utilización de dietas altamente concentradas con baja inclusión de fibra, puede generar problemas de acidosis debido a un aumento en la tasa de fermentación, disminución de la rumia y reducción del pH ruminal. Sin embargo, esto podría ser evitado mediante la inclusión de granos de baja degradabilidad ruminal, con el suministro de alimento varias veces al día, a través de la utilización de probióticos y aditivos, y principalmente respetando los requerimientos mínimos de fibra efectiva (Simeone y Beretta, 2008).

Existen diversas alternativas de fuente de fibra corta, tales como cáscaras de semillas (arroz, algodón, semilla de girasol o soja) o residuos de la industria agropecuaria (afrechillos, raicillas, otros) e inclusive cama de aves, que pueden ser utilizadas sin distinguirse en el resultado sobre aumento de peso vivo o eficiencia de conversión (Pordomingo, 2005).

La sustitución de la fibra larga por una alternativa de fibra corta, es posible en tanto se mantengan los niveles mínimos de fibra efectiva. Varios subproductos derivados de la agroindustria nacional, como afrechillo de trigo, cáscara de arroz y retornable fino fueron evaluados en el país como fuente de fibra efectiva en diversas categorías (Simeone y Beretta, 2010).

Basándose en iguales niveles de fibra efectiva, energía metabolizable y proteína cruda, fue posible la substitución de paja de trigo (15%) por afrechillo de trigo (39%) sin afectar significativamente la performance animal de novillos Hereford (342 kg). Sin embargo, la dieta sin fibra larga presentó menores niveles de pH ruminal (5.5). Las ganancias diarias y eficiencias de conversión obtenidas por las dietas con afrechillo de trigo y paja de trigo fueron respectivamente de 1,745 y 1,646 kg/día; 5,4:1 y 5,9:1 kg MS/kg PV. Es de destacar que ambas dietas utilizaron el grano de sorgo molido como fuente de energía (Simeone y Beretta, 2008).

En este sentido, otro trabajo evaluando el efecto del nivel de afrechillo de trigo en dietas de feedlot, demostraron los mismos resultados. Sin embargo, las dietas utilizadas en este experimento difirieron de la anterior porque la base energética era el grano de cebada aplastado, aunque de forma igual, presentaron ofertas similares de fibra, energía metabolizable y proteína bruta. Los tratamientos utilizados fueron: T1= 75% cebada aplastada, 12,5% afrechillo de trigo y 12,5% de heno de pastura; T2= 65% cebada aplastada y 35% de afrechillo de trigo; T3= 55% cebada aplastada y 45% afrechillo de trigo. Las ganancias diarias estuvieron en torno a 1,50 kg/día con eficiencia de conversión de 6:1 (Elizalde et al., 2003).

Para analizar la substitución del grano de maíz por cebada entera o aplastada se realizó un ensayo con novillos Aberdeen Angus (304 kg) alimentados con RTM basadas en 70% de grano (maíz entero o cebada entera o aplastada) y 30% de afrechillo de trigo. La substitución del maíz por un contenido igual de cebada, produjo una dieta más fermentable (degradabilidad ruminal mayor) y peligrosa. Independiente del procesamiento, el grano de cebada tendió a ser menos eficiente que el grano de maíz entero, explicado principalmente por el incremento de la ingesta sin el aumento de las ganancias. Por lo tanto, al aumentar la fermentabilidad de la dieta, sería importante incrementar el nivel de fibra de la dieta para semejar la digestibilidad total. Los kg de fibra necesarios para producir 1 kg PV fueron mayor para dieta en base a cebada aplastada (1,4 kg de FDN) que para la de maíz (0.9 kg de FDN, Parra et al., 2006).

Un experimento realizado para evaluar la tasa de consumo, demostró que vaquillonas (273 kg) alimentadas con 90% de concentrado y 10% de alfalfa o cáscara de semilla de algodón o ensilaje de sudangrass, no difirieron en la tasa de consumo, pese a que las fuentes presentan características físicas y químicas diferentes. Se puede presumir, que la producción de saliva fue similar en las tres fuentes, aunque también, las distintas fuentes podrían haber diferido en la actividad de rumia requerida. Sin embargo, esta mayor rumia, posiblemente resulte en una mayor producción de saliva, que tendería a

amortiguar el pH ruminal. Además, el incremento de la rumia podría aumentar la masticación del grano, incrementando así su tasa y extensión de la fermentación en el rumen (Defoor et al., 2002).

Defoor et al. (2002), analizaron el efecto de la concentración y la fuente de forraje en el consumo y rendimiento de vaquillonas (PV= 389 kg) en terminación. Las distintas fuentes utilizadas fueron: heno de alfalfa, heno de sudangrass, paja de trigo y cáscara de semilla de algodón; las concentraciones se basaron en 5, 10 o 15% en la dieta en BS. Se observó menor consumo de energía neta para ganancia (ENg) cuando las vaquillonas fueron alimentadas con heno de alfalfa, explicado principalmente por su menor nivel de FDN. Las vaquillonas tienden a aumentar el consumo para compensar la dilución de energía cuando aumenta el nivel de FDN en los forrajes. La fibra presentó un efecto benéfico sobre el pH ruminal (rumia y salivación) lo que podría explicar la correlación positiva entre el consumo de ENg y el contenido de FDN de la dieta, tomando en cuenta que la ingesta no estaba limitada por el llenado físico. Por lo que, adicionar más FDN en la dieta cuando el consumo de dietas concentradas es bajo en relación a los requerimientos de energía para mantenimiento, tiende a aumentar el consumo de ENg por parte del animal.

Por otro lado, los autores mencionados anteriormente, estudiaron el intercambio de la fuente de forraje en la dieta que contenía steam fleaked de maíz en vaquillonas (275 kg). Tomando como referencia una dieta con 12,5% de MS de heno de alfalfa (ALF12,5), se utilizaron tres niveles diferentes de cáscara de semilla de algodón y ensilaje de sudangrass: intercambiados con alfalfa con un consumo igual al 12,5% de MS; cada una de las fuentes con nivel igual de FDN (5,2% FDN) al que contenía la dieta ALF12,5; y el mismo nivel de FDN en que apenas se consideran partículas mayores a 2.36mm (FDN>2.36mm). Los resultados denotan que el intercambio de ALF12,5 con el mismo nivel de consumo para la cáscara de algodón y el ensilaje de sudangrass no repercutieron en el mismo rendimiento. Esto indica que, posiblemente la cáscara de algodón y el ensilaje de sudangrass presentan mayor valor voluminoso, por lo que serían necesarios menores concentraciones en la dieta con respecto a ALF12,5. Sin embargo, cuando se analiza el mismo valor de FDN (5,2%FDN), la ALF12,5 y la cáscara de semilla de algodón no difirieron en de ganancia diaria, consumo de materia seca, y eficiencia de conversión, por lo que, es posible intercambiar en la dieta la ALF12,5 por 5,9% de cáscara de semilla de algodón sin afectar el rendimiento. En contraposición, el ensilaje de sudangrass presentó mejores ganancias diarias, consumo y eficiencia de conversión a iguales valores de FDN de ALF12,5, probablemente por su mayor volumen y peso, por lo que es posible incluir niveles menores que el analizado (7,1% MS).

Se observó un menor consumo y mejor eficiencia de conversión cuando novillos en terminación eran alimentados con alfalfa que con cáscara de semilla de algodón a niveles de 10, 20 y 30% en BS de la dieta. Sin embargo, la dieta con 10% de cáscara de semilla de algodón, presentó ganancias diarias similares a las de 10 y 20 % de alfalfa. Por otra parte, las dietas que contenían 20 y 30% de cáscara de semilla de algodón no pudieron consumir suficiente MS para compensar la dilución de energía y expresar su potencial para ganancia diaria, por lo que obtuvieron menores rendimientos (Bartle et al., citados por Galyean y Defoor, 2003).

Existió una tendencia a disminuir la digestibilidad del almidón en el rumen en dietas que contenían fuente de fibra del 7,14 y 31% de cáscara de semilla de algodón en comparación a 0% de cáscara de semilla de algodón, en dietas basadas en grano de maíz entero. Explicado probablemente por el aumento de la tasa de pasaje del grano (Cole, citado por Galyean y Defoor, 2003).

La digestibilidad del almidón no difiere cuando las dietas sin fibra larga, son suministradas de forma *ad libitum*, tanto con maíz entero como con maíz aplastado. No obstante, las diferencias surgen cuando el suministro se restringe al 70% del consumo voluntario, por lo que la digestión del almidón del grano entero tiende a ser inferior al grano aplastado (Murphy et al., 1994).

En dietas *ad libitum* con 90% de concentrado difiriendo en 10% de paja de trigo o cáscara de semilla de algodón o alfalfa, se vio incrementado el tiempo de rumia para las RTM que contenían paja de trigo, además este tratamiento presentó mayores niveles de pH en torno al 6,2 (Galyean y Defoor, 2003).

En Argentina la realización del ternero tipo bolita se basaba en dietas sin fibra larga con grano de maíz entero. Retirar la fibra larga era posible dado que el descenso del pH a nivel ruminal era amortiguado por el aumento en la producción de saliva que generaba la masticación del grano entero. Además el suministro constante de alimento aumentaba el número de ingestas diarias y reducía la competencia. Con esto se reducía el riesgo de timpanismo y acidosis (Vittone y Lado, 2013).

En INTA, Concepción del Uruguay, se evaluó, en terneros de recría, dietas sin fibra larga, con grano de maíz entero y sorgo molido. La mejor eficiencia de conversión se obtuvo cuando las raciones eran formuladas con 70% de grano de maíz y 30% de sorgo molido del total de la fracción energética, que cuando los mismos eran usados de forma separada. La utilización de raciones con más del 50% de grano molido pueden ocasionar

riesgos importantes de acidosis, por lo cual no se recomienda su uso sin fibra larga (Vittone y Lado, 2013). El grano entero de maíz puede ser utilizado de forma más segura en dietas con baja proporción de voluminoso debido a que este presenta menor riesgo de acidosis en relación al grano de sorgo molido (Simeone y Beretta, 2008).

White y Reynolds (1969) realizaron un experimento con el objetivo de determinar el efecto de los diferentes niveles y fuentes de fibra en el engorde y rendimiento en novillos Angus. Se utilizaron diferentes fuentes y niveles de fibra en cada tratamiento: cáscara de arroz (20%), pellets de polietileno (20%), paja de arroz (20% o 40%), heno de alfalfa (20% o 40%), pellets de sudangrass deshidratado (40%) y solo concentrado. Los novillos alimentados a razón de 20% de paja de arroz presentaron mayores consumos de concentrado, (explicado por la mayor aceptación de la ración), mayores ganancias y mayor peso de canal que los otros tratamientos. Se observó también que en este lote se obtuvo mayor consumo de paja de arroz respecto a los que consumieron heno de alfalfa. Los autores mencionan que los resultados pueden estar en contraste con los datos obtenidos por Wise et al. (1961), Davis et al. (1963), los que concluyeron que las diferentes fuentes de fibra (en niveles de 15% a 19% de la dieta) no influyen significativamente en el consumo del concentrado, ganancia de peso y en los datos de carcasa.

Trabajos realizados por Rusoff et al., citados por Tillman et al. (1969) han demostrado que el suministro de cáscara de arroz molida no resulta perjudicial para el ganado, siempre y cuando, el nivel de inclusión en la dieta no exceda el 30%.

Asimismo, Tillman et al. (1969) indican que es posible reemplazar, hasta 9% de la ración, el grano de sorgo por cáscara de arroz y urea (enriquecido o crudo) en una dieta concentrada de novillos Hereford, sin disminuir el valor alimenticio total de la ración. Señalan también que el forraje de baja calidad estaría mejorando la utilización del grano restante.

Con un contenido similar de FDN, se evaluó en terneros (153 kg) y novillos Hereford (330 kg) la substitución del heno de moha por retornable fino o por cáscara de arroz. Los resultados de comportamiento hacen referencia a que los animales alimentados con los subproductos mostraron menor actividad de rumia durante el día. Esto podría influir a que, la cáscara de arroz y el retornable fino presentan menores niveles de FDNfe que el heno de moha. Pese a esto, los niveles estuvieron de acuerdo al rango recomendado, ya que no se observaron diferencias en la performance (Simeone y Beretta, 2010).

Varios estudios han demostrado que el aserrín de pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) puede ser suministrado, a niveles no mayor a 25% de la dieta, a distintas categorías de animales de carne sin presentar toxicidad visible o dificultades de rendimiento. Esto generó en Estados Unidos, ventajas al incluirlo en las dietas de los animales, ya que la producción y la utilización ineficiente de este subproducto es elevada, y su eliminación podría presentar problemas de contaminación (Kamstra y Minyard, Slyter y Kamstra, citados por Slyter y Kamstra, 1974).

Sin embargo, Slyter y Kamstra (1974) evaluaron el efecto del aserrín como fuente de fibra en dietas concentradas de novillos en terminación. Los resultados indican que la inclusión de más de 10% de aserrín en comparación con el testigo (heno de alfalfa) afectó negativamente la eficiencia de conversión y la calidad de la canal, posiblemente porque a estos niveles el efecto mecánico deseado por la fibra disminuye y el aporte de nutrientes por parte de la misma pasa a tener un papel importante. A su vez, la adición de forraje (alfalfa y o aserrín) redujo significativamente la ocurrencia de abscesos hepáticos, al contrario de lo que ocurrió con la dieta solo a base de concentrado, la cual presentó alta incidencia.

La sustitución del ensilaje de planta entera de sorgo por un nivel de retornable fino de celulosa entorno al 8 y 10% aparece como una alternativa interesante para minimizar el problema de la fibra en categorías muy exigentes como el ternero de DPC. Se observó que tanto el suministro diario como en autoconsumo, no afectaron la performance animal, manteniendo ganancia diaria en torno al 1,4 kg y eficiencias de conversión de 3,24:1 kg MS/kg PV (Manasliski y Rodríguez, 2013). Estos resultados son alentadores desde el punto de vista operativo, ya que pueden resultar en tecnologías más viables en los sistemas criadores de grandes áreas o de menor escala, debido a que permite eliminar la utilización de equipos de distribución y picado de fibra (Simeone y Beretta, 2010).

En síntesis, existen diversos estudios que demuestran la posibilidad de utilizar alternativas de fibra corta (afrechillo de trigo, cáscara de semilla de algodón y arroz, grano de maíz entero, retornable fino) sin afectar la performance animal de distintas categorías. Sin embargo, la investigación es escasa en categorías de terneros con más requerimientos nutricionales, como el destete precoz. Además, resultaría importante obtener más información en las distintas categorías sobre suministro de la fibra corta en autoconsumo como forma de facilitar la operativa del sistema de producción.

## 2.4. GRANO DE AVENA ENTERO (GEA) COMO FUENTE DE FIBRA EFECTIVA

### 2.4.1. Caracterización del grano de avena

La avena contiene una tercera parte de cascara (Parsi et al., 2001), lo que le confiere un alto contenido de FDN (en torno a 32%), en comparación con los otros cereales (Cuadro 3, 10% a 19%). Por tanto, puede actuar como un alimento concentrado-voluminoso en la dieta de rumiantes (Peixoto et al., citados por Goi et al., 1998).

Cuadro 3. Composición química de los granos

Grano	FDN %	FDA %	PC %	Almidón (%)
Avena	32	15	13,3	44
Maíz	10	3	10	72
Sorgo	12	6	11,5	67,2
Cebada	19	6	13,5	59,7
Trigo	13	4	13	68

Fuente: Mertens (2002).

Rojas et al. (1989) reportaron para el grano de avena niveles similares de proteína, inferiores de energía (10%) y superiores de fibra (400 %), con respecto a la cebada y triticale. El contenido de FDN del grano de avena entero, puede contribuir a un ambiente ruminal más saludable y a un mejor bienestar del animal, lo que permite que sea utilizado en mayor cantidad que otros granos en la alimentación de los rumiantes, ya que estimula la rumia y la salivación (Bravo et al., 2012).

Existe gran variabilidad en la concentración de almidón entre los distintos cultivares de avena, y estos valores son relativamente bajos. Nocek y Tamminga, Huntington, citados por NRC (2001) determinaron valores de almidón en torno al 58 %, con variación entre 45 y 69 % del contenido de MS.

La proteína bruta presente en el grano de avena oscila entre 70 y 150 g/kg MS y se caracteriza por ser de baja calidad, a causa de los menores niveles de aminoácidos esenciales como metionina, triptófano e histidina en relación a otros cereales. A pesar que presenta valores bajos en lisina, es superior a los otros cereales y se ha visto en pollos, que el valor de proteína como promotor de crecimiento es mayor en avena que en los otros granos; cebada, trigo o maíz (McDonald et al., 2006).

Todos los cereales son deficientes en calcio, no obstante, el grano de avena es el que presenta mayores niveles de calcio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Contenido de minerales de grano de avena

<b>Minerales (en MS)</b>	<b>Avena</b>	<b>Maíz</b>	<b>Sorgo</b>	<b>Cebada</b>	<b>Trigo</b>
Calcio (g/kg)	0,8	0,3	0,5	0,5	0,5
Fósforo (g/kg)	3,2	0,7	3,5	4	3,5
Magnesio (g/kg)	1,5	1,1	1,9	1,3	1,2
Sodio (g/kg)	0,6	0,2	0,4	0,2	0,1
Cobre (mg/kg)	3	2,5	10,8	4,8	5
Manganeso (mg/kg)	20	6	16	18	42
Cinc (mg/kg)	17	16	15	19	52
Cobalto (mg/kg)	0,05	0,02	0,14	0,04	0,05

Fuente: McDonald et al. (2006)

Se debe tener en cuenta el peso específico de la avena al momento de analizar la calidad de la misma, por lo que adquiere importancia el concepto de volumen y peso hectolítrico debido a que esto se correlaciona con la energía digestible. Un grano de avena más voluminoso y liviano, en lugar de otro más pesado, tiende a reducir la energía suministrada en la dieta (Camps et al., 2001).

La variedad de avena utilizada generalmente para producción de grano es la *Avena sativa* (blanca) y se caracteriza por presentar mayor rendimiento y calidad de grano. La *Avena byzantina* (amarilla) utilizada para el doble propósito (pastoreo y grano) se destaca por contener mayor relación cáscara/grano que la blanca. Por otro lado, la *Avena strigosa* (negra), es destinada únicamente para pastoreo directo y presenta bajos rendimientos de grano (Ayala et al., 2010).

Las diferencias entre las variedades de avenas (*sativa*, *byzantina* y *strigosa*) no son tan relevante para el valor nutricional. Sin embargo efectos de la variedad, época de siembra, tipo de suelo, fertilización, y condiciones estacionales del cultivo, puede variar de forma muy importante el peso hectolítrico. El grano, para ser de buena calidad, debe presentar un peso hectolítrico elevado (50 kg/hl para avena entera y de 19-22 kg/hl para aplastada o triturada, Camps et al., 2001). Las avenas blancas en promedio se caracterizan por presentar mayor peso hectolítrico (35 kg/hl) que las avenas amarillas (30 kg/hl, INIA, 2009).

Varios autores han realizado múltiples experimentos que contienen grano de avena en la alimentación animal, donde se puede observar que la mayoría de ellos los valores obtenidos en cuanto a su composición, en términos generales son similares (Cuadro 5).

Cuadro 5. Composición del grano de avena según distinta bibliografía

<b>Referencias</b>	<b>MS (%)</b>	<b>PB (%)</b>	<b>EM (Mcal/kg MS)</b>	<b>FC (%)</b>	<b>FDN (%)</b>	<b>FDA (%)</b>
Lauric et al. (2009)	90 - 91	11 - 12	2,7 - 2,8			
NRC (1984)	89	13,3	2,78	12,1		
Jahn et al. (1996)		8,25				16,5
Fernández (2002)	91,1	11,5	2,48		31	
Pordomingo et al. (2002)	86	12,8	2,81		28	14,9
Perrone et al. (2011)	89,82	10,01	2,96	11,43		
Santini y Elizalde (1993)		13,3	2,98		23	16,2

#### **2.4.2. Efectividad del grano**

La avena contiene en promedio 30% de cubiertas, índice bastante variable. Un aumento en el porcentaje de las mismas determinará la disminución del aporte nutritivo del grano, dado que la avena con más porcentaje de cascarilla es más rica en fibra bruta y de menor valor en energía metabolizable (McDonald et al., 2006). Sin embargo, el mayor contenido de fibra del grano entero de avena respecto a los otros cereales, hace que sea posible su utilización en la alimentación de rumiantes, disminuyendo el riesgo de acidosis mediante el estímulo de la rumia y de la salivación (Rojas et al., 1989). En este sentido, si el objetivo del suministro es el aporte de fibra, la utilización de cultivares de *Avena byzantina* en dietas de rumiantes, sería más recomendada debido a la mayor relación cáscara/grano que las *Avena sativa*, a pesar que estas últimas presentan mayor calidad de grano dado el mayor peso hectolítrico (Ayala et al., 2010).

Gagliostro (2005) indica que los granos enteros que mantienen el pericarpio intacto son resistentes a procesos digestivos, pues este protege al grano de los ataques por parte de los microorganismos. A su vez refiere que ha sido demostrado que los granos enteros de avena colocados en bolsas de nylon dentro del rumen no pueden ser degradados por los microorganismos. Por otra parte la digestibilidad del almidón proveniente de la avena es considerada alta (80 - 94%), siendo similares a los grano de cebada y trigo y superiores a los granos de maíz y sorgo.

La velocidad de digestión ruminal del almidón de los granos en orden decreciente es: avena, trigo, cebada, maíz y sorgo. A pesar que el almidón de la avena es muy fermentable, el mayor nivel de fibra presente en la misma (grano vestido) hace que el contenido de almidón por kg de grano, sea inferior al del trigo (Parra et al., 2006).

Morgan y Campling (1978) evaluaron la digestibilidad del grano entero de cebada y avena en diferentes categorías de animales con dietas que incluían una proporción aproximada de 1:1 de heno a concentrados. Los resultados indican que la digestibilidad del almidón de la dieta de avena para novillos y vacas fue respectivamente 0,78 y 0,69; siendo superior a la dieta de grano entero de cebada. Además, mencionan que la misma tiende a disminuir con la edad del ganado, y que habría poco beneficio en utilizar avena rodada para el ganado de 1 año o menos (Morrison, Corah y Bishop, citados por Morgan y Campling, 1978).

La actividad masticatoria ingestiva y de rumia en terneras disminuye de forma gradual a medida que aumenta la edad desde los 10 a los 15 meses, para no diferir a los 17 meses de edad. Por lo que existe una menor utilización de los granos enteros en los bovinos adultos (Vinardell et al., citados Rojas et al., 2011).

Las pérdidas del grano de avena entero en heces, cuando se suministra a novillos, son consideradas bajas en base al porcentaje consumido (en torno al 6,7% del grano, Camps et al., 2001).

#### **2.4.3. Comparación del grano de avena con alternativas de fibra corta**

Existe poca información sobre la utilización del grano de avena como fuente de fibra efectiva en confinamiento. A nivel nacional Oneto y García, citados por Simeone y Beretta (2016) evaluaron la sustitución de heno de moha por GEA en terneros Hereford de 180 kg, alimentados a corral en invierno. Las ganancias se maximizan (1,58 kg/día), cuando el nivel de inclusión GEA es del 7,6%. En este nivel de sustitución, la dieta se caracterizó por presentar un contenido de FDNfe aproximadamente de 20%. El consumo de MS presentó una respuesta cuadrática en función del incremento de grano. La regulación en el consumo, podría ser explicada por el aumento en la fermentación, en respuesta al mayor contenido de almidón total del grano.

Por otro lado, Pordomingo et al. (2002) realizaron un experimento para evaluar la sustitución del heno de alfalfa por grano entero de maíz de forma individual o en proporción con grano de avena en terneros (155 kg) y novillos (270 kg) alimentados a corral. Los tratamientos fueron: T1= grano entero de

maíz (72%), harina de girasol (14%) y heno de alfalfa (10,2%); T2= grano entero de maíz (73,75%) y harina de girasol (23%); T3= grano entero de maíz (60%), harina de girasol (22%) y grano entero de avena (15%). Los resultados demostraron excelentes desempeños, ganancias de 1,35 kg/día y eficiencia de conversión de 5,6:1 sin diferencias significativas entre tratamientos, aunque, se observó una tendencia hacia un mayor ritmo de engorde en los tratamientos sin fibra larga. La mezcla de grano de maíz y de avena en una proporción 80:20 resulta beneficioso para maximizar la performance, ya que se obtiene un mejor balance de calidades y eficiencia de utilización del almidón, además, el grano de avena, le confiere mayor nivel de proteína a la dieta. La inclusión avena incrementó la digestibilidad del almidón, explicada por la alta digestión del grano de avena y no por mejorar la utilización del grano de maíz. El T3 registró menor proporción de almidón en heces, por lo que, a medida que se eliminó la fibra larga y se adicionó grano de avena, la proporción de almidón detectado en heces y no contenido en fracciones visibles de grano disminuyó (Pordomingo et al., 2002). Las características de tamaño del grano entero de maíz y avena actúan de forma importante como fibra efectiva en la dieta, ya que promueve insalivación y mantenimiento del pH del rumen (Rojas et al., 1989).

Un ensayo con Novillos Aberdeen Angus (203 kg) se evaluó la sustitución total del grano de maíz entero (GEM) por GEA en un nivel de 55% de la dieta. Las RTM fueron formuladas con 30,1% de cebada, 10,6% de soja integral, 4,3% de pre mezcla suplementaria más urea y monensina. La avena entera parece sustituir igualmente el maíz. El consumo de materia seca, la ganancia diaria y la eficiencia de conversión, no fue afectada por el tipo de grano. Sin embargo, se observó un mayor contenido de energía y proteína metabolizable en la dieta con GEM. Por otro lado, ambas dietas resultaron en valores de pH normales (dentro del intervalo de 24 horas) sin índices de acidosis (entre 6,13 y 7,11 para GEA y entre 6,37 y 7,11 para GEM). Esto presume, que los niveles de FDN<sub>fe</sub> en ambas RTM, contribuyeron a un pH lo suficientemente elevado para mantener la digestibilidad de la fibra y evitar la acidosis (Arelovich et al., 2013).

McDonald et al. (2006) mencionan un experimento realizado en corderos de destete precoz en el que se suministró distintos tipos de cereales (cebada, maíz, trigo y avena) con diferentes tratamientos (entero, molido y granulado) a corral. En ovinos no existieron ventajas en moler el grano debido a una buena masticación de los alimentos. Las mayores ganancias y eficiencia de conversión se obtuvieron con grano de maíz. El tratamiento con grano de avena presentó menores ganancias de peso, siendo la de grano entero 0,241 kg/día y molida granulada 0,238 kg/día con una eficiencia de conversión de 3,07:1 y 3.33:1 respectivamente.

Rojas et al. (2011) evaluaron de forma productiva y económica dietas con ensilaje de cebada, grano de avena y lupino (ambos molido o entero) suministradas en invierno a vaquillonas a corral. Los resultados indican que no hubo diferencias significativas en incrementos de peso ni en las variables de canal, además demuestran que la dieta con menor costo fue la de suministro de grano entero.

## **2.5. HIPÓTESIS**

En dietas altamente concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados a corral, es posible la sustitución de heno de alfalfa por grano entero de avena, en tanto se mantenga el aporte mínimo de FDN efectiva en la dieta, sin afectar la performance animal a corral. La respuesta puede verse mediada por cambios en el consumo, características nutricionales de la dieta, y comportamiento animal.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. PERÍODO Y ÁREA DE EXPERIMENTO

El experimento se llevó a cabo entre el 27 de enero y 6 de abril de 2016 en los corrales de encierro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), ubicada en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), localizada en el departamento de Paysandú sobre el km 363 de la ruta nacional No. 3.

#### 3.2. CLIMA

Se obtuvieron registros de los promedios históricos de variables climáticas como temperaturas, humedad relativa y precipitaciones que se dieron en la localidad de Paysandú para los meses del periodo experimental (Cuadro 6). Dicha información fue adquirida la Estación Meteorológica de la EEMAC. La temperatura media histórica para el periodo fue de 22 °C, siendo la mínima 16 °C y la máxima 28 °C; la humedad relativa promedio fue 70 % y la precipitación acumulada de 639 mm.

Cuadro 6. Serie histórica para el período 2002-2014 de temperaturas, humedad relativa, precipitaciones e ITH para la localidad de Paysandú

<b>Variable (desvío estándar de las medias)</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>
Temperatura media, °C	25 (±3)	24 (±3)	22 (±3)	18 (±4)
Temperatura mínima, °C	18 (±3)	18 (±3)	16 (±4)	13 (±4)
Temperatura máxima, °C	31 (±4)	30 (±4)	28 (±4)	24 (±4)
Humedad relativa, %	65 (±14)	71 (±14)	70 (±16)	73 (±12)
Precipitación, mm	118 (±71)	202 (±185)	164 (±98)	155 (±105)
ITH*	79 (±4)	77 (±4)	74 (±5)	68 (±6)

\*ITH=Índice de temperatura y humedad ( $0.8^{\circ}\text{Temperatura del aire (Ta)} + ((\text{humedad relativa del aire}/100) * (\text{Ta} - 14.3)) + 46.4$ )

Fuente: EEMAC. Estación Meteorológica.<sup>1</sup>

#### 3.3. ANIMALES

Se utilizaron 24 terneras Hereford nacidas en la primavera de 2015 provenientes del rodeo experimental de la EEMAC destetadas precozmente con

<sup>1</sup> EEMAC. Estación Meteorológica 2017. Serie histórica de datos meteorológicos para el periodo 2002 – 2014 en la EEMAC (datos sin publicar).

un promedio de edad de  $64 \pm 10$  días y  $77,5 \pm 13$  kg de peso vivo.

### 3.4 INFRAESTRUCTURA

Se utilizaron 24 corrales individuales, delimitados mediante hilos eléctricos, de 1.5 m de ancho y 6m de largo ( $9 \text{ m}^2$ / animal).

El material de asiento estaba compuesto por balastro y por encima de este se situaba un techo de chapa con doble caída que cubría un 50 % del área aproximadamente. Cada corral contaba con un bebedero en un extremo y en el extremo opuesto un comedero; estando este último debajo del techo para así evitar desperdicios del alimento en los días de precipitaciones (Figura 2).

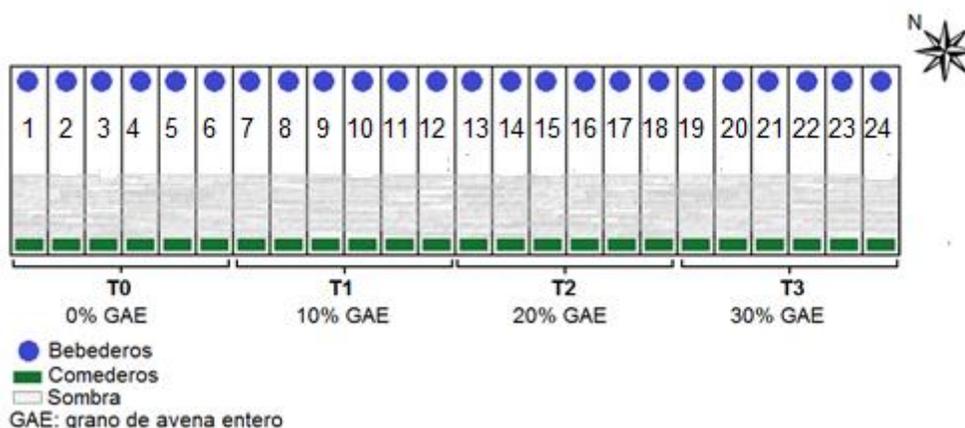


Figura 2. Croquis del corral

### 3.5. ALIMENTOS

Se utilizaron cuatro raciones totalmente mezcladas (RTM) difiriendo en el nivel de inclusión de GEA (*Avena byzantina*) en sustitución (base seca) del heno de alfalfa como fuente de fibra efectiva: 0%, 10%, 20% y 30% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Composición de ingredientes de las RTM difiriendo en el nivel de inclusión de GEA.

Ingredientes (%MS)	Nivel de inclusión de GEA			
	0%	10%	20%	30%
Heno de alfalfa	30	20	10	0
Grano entero de avena	0	10	20	30
Ración comercial destete precoz	70	70	70	70

Cuadro 8. Composición química de los ingredientes

Ingredientes (%MS)	MS%	Cenizas totales (%)	Proteína cruda (%)	aFDNmo (%)	FDAmo (%)
Heno de alfalfa	93,20	9,97	12,36	61,17	36,38
GEA	93,51	4,53	10,25	29,42	11,75
Ración comercial destete precoz	93,14	8,69	18,9	26,09	8,86

### 3.6. TRATAMIENTOS

Los animales fueron asignados al azar a una de las cuatro RTM experimentales, y alimentados en forma individual en los corrales, constituyendo así, cada animal una unidad experimental.

### 3.7. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

#### 3.7.1. Período pre-experimental

Luego del destete realizado el 11 de enero, los animales fueron sometidos a un periodo de transición la dieta sólida y de introducción y adaptación a las dietas e instalaciones experimentales.

El período de transición a la dieta sólida es clave para el destete precoz y tiene como objetivo enseñar a los terneros a comer alimento concentrado en un corto periodo de tiempo (Simeone y Beretta, 2002).

La transición a la dieta sólida fue realizada en las mangas durante 8 días (11/01/17 al 19/01/17) según el protocolo propuesto por Simeone y Beretta (1999). Al finalizar el periodo de acostumbramiento, los animales que consumían diariamente 1,6 kg de ración y 0,720 kg de heno de alfalfa, fueron sometidos a una transición hacia las RTM experimentales, que se realizó durante 7 días (20/01/17 al 26/01/17) en los corrales de la UPIC. Al principio de la transición se comenzó a suministrar el alimento tres veces por día y se ajustó

la dieta en base al 3% del peso vivo. Se implementó de forma gradual la sustitución de heno de alfalfa por grano de avena entero hasta llegar a los niveles experimentales correspondiente a cada tratamiento. La etapa finalizó cuando las dietas estuvieron estabilizadas. En este momento el consumo diario para los tratamientos fue de: T0: 0,55 kg de heno de alfalfa (HA) y 1,29 kg de ración de destete precoz; T1: 0,37 kg de HA, 1,29 kg ración y 0,180kg de GEA; T2: 0,18 kg de HA, 1,29 kg ración y 0,37 kg de GEA; T3: 1,29 kg ración y 0,55 kg de GEA.

### **3.7.2. Período experimental**

El período comenzó el 27 de enero y culminó el 6 de abril, con una duración de 72 días.

A inicio del experimento se pesaron los animales y se asignaron individualmente dentro de los corrales en sus respectivos tratamientos.

El alimento fue ofrecido *ad libitum*. En cantidades iguales, se proporcionaron tres suministros diarios: a las 8 a.m., al mediodía y a las 4 p.m. El suministro diario se ajustó a través de la lectura de comedero (si el rechazo era menor al 5%, se aumentaba la oferta de alimento un 10 %). Diariamente se mezclaban los ingredientes de la RTM y se humedecían las raciones a razón de 350 litros por tonelada de alimento, como forma de evitar la selección de alimento por los animales (rechazo del heno de alfalfa).

Se aseguró que el agua fuese *ad libitum* y de buena calidad.

## **3.8. MANEJO SANITARIO**

Luego del destete las terneras fueron dosificadas contra queratoconjutivitis, clostridiosis, parásitos internos y externos (Ivermectina) y carbunco bacteriano.

A los 30 días se vacunó con “Ricobendazol” para control de parásitos internos, y a los 60 días se realizó la vacuna contra aftosa y se suministró la segunda dosis contra clostridiosis.

Los animales fueron observados diariamente a los efectos de detectar cualquier problema digestivo o sanitario.

Cabe destacar que el nueve de marzo en el tratamiento con 30 % de grano de avena entero, se presentó una ternera (No. caravana 2731) con cuadro de acidosis, por lo tanto a efectos de suministrar fardo se le retiró, por cinco días, la dieta experimental.

## **3.9. REGISTROS Y MEDICIONES**

### **3.9.1. Peso vivo y altura**

Los animales se pesaron de forma individual al inicio de experimento y cada 14 días, sin ayuno previo, antes de la primer comida. Los animales fueron pesados sin orden predeterminado de ingreso, con una balanza electrónica de precisión de  $\pm 0,5$ kg.

La altura del anca de cada animal se registró al inicio y fin del periodo experimental. Para esta técnica se utilizó una regla con un brazo nivelador. Luego de ingresar los animales al tubo de las mangas, se situaba la regla verticalmente al lado de la cadera de cada animal, y se colocaba el brazo de la regla sobre la cadera, para controlar la nivelación. Se medía la altura desde el suelo hasta el anca de cada animal y se registraba según la caravana. Lo mismo se realizó cuando finalizó el experimento. De esta forma se obtuvo el crecimiento del ternero durante el periodo experimental, de forma individual, según tratamiento.

### **3.9.2. Consumo de materia seca**

El consumo de materia seca se estimó diariamente para cada animal en cada tratamiento, como la diferencia entra la materia seca ofrecida y la residual. Por la mañana, antes de la primera comida se pesaba individualmente el rechazo de cada comedero y se descartaba.

Semanalmente se tomaron muestras de los ingredientes de la RTM y del alimento residual para la determinación del contenido de materia seca y caracterización del aporte de fibra efectiva en muestras frescas. Las muestras secas fueron conservadas para el análisis químico.

### **3.9.3. Digestibilidad in vivo**

Durante la semana 7 (11, 12 y 13 de marzo) del experimento se realizó la estimación de la digestibilidad in vivo de la dieta mediante la colección total de heces (CTH). Entre los métodos para medir la digestibilidad, este es considerado el más confiable debido a que abarca factores directos del animal y del alimento (Block et al., citados por Basurto y Tejada, 1992). El método se basa en suministrar una cantidad y composición conocida de alimento, para luego recolectar la cantidad fecal correspondientes al mismo (Lachmann y Araujo-Febres, 1999). Los tres días de medición, tanto de heces como del alimento, fueron continuos y desfasados. Cada día por la mañana, al ofrecer la primer comida, se obtenían muestras del alimento ofrecido para cada animal según tratamiento, con el objetivo de conocer químicamente la composición; la

muestra correspondiente al rechazo se obtenía en la mañana siguiente. La recolección total de heces se llevaba a cabo 24 horas después de cada suministro, como este era fraccionado tres veces al día, la recolección se realizaba entre los intervalos correspondientes. Todas las muestras de heces recolectadas en esos días fueron llevadas al freezer, parte de esta recolección fue destinada para el cálculo de proporción de GEA en heces. Para cada animal se realizó una muestra compuesta de los tres días recolectados, la cual fue secada en la estufa por 72 horas. Cuando la muestra estaba totalmente seca, se molió totalmente a 1mm y se envió al laboratorio con la identificación correspondiente.

Se calculó la proporción de GEA en heces, asumiendo que lo que no quedó entero fue del 100%, y que pudo haber habido grano que no se digirió y que no estuvo medido. El procedimiento se basó en descongelar las heces recolectadas para este cálculo, tomar una muestra fresca de 200g, separar con una pinza los granos visiblemente considerados enteros, contabilizarlos y pesarlos. Luego, la proporción de GEA en heces se calculó dividiendo el peso fresco del grano obtenido en las heces sobre peso fresco de la muestra de heces para cada tratamiento.

#### **3.9.4. Comportamiento**

Durante dos días consecutivos de la semana 5 (29 de febrero y 1 de marzo) y la semana 9 (28 y 29 de marzo), cada 10 minutos se registraba la actividad que se encontraba realizando el animal: actividad de consumo de alimento, de agua, rumia y descanso. Dicho comportamiento fue de carácter individual y se llevó a cabo entre la 7 de la mañana y la 7 de la tarde.

#### **3.9.5. Caracterización del aporte de fibra efectiva**

Cada 14 días se utilizaron las muestras recolectadas de ofrecido y remanente para la caracterización de la distribución del tamaño de partículas y la estimación del aporte de FDNfe. Para esto se utilizó el separador de partículas “Penn State” que consiste en determinar el tamaño de las partículas de una RTM y de forrajes, con el objetivo de obtener la distribución real de alimento que es consumido por el animal (Heinrichs y Kononoff, 2008).

El contenido de fibra efectiva de las dietas se estimó como el producto entre el contenido de FDN y el factor de efectividad de la fibra obtenido mediante el separador de partículas (Penn State).

### **3.9.6. Registros climáticos**

Durante el periodo experimental se recabó información climática sobre temperatura, precipitaciones y humedad relativa provenientes de la estación meteorológica de la EEMAC<sup>1</sup>.

### **3.10. ANÁLISIS QUÍMICOS**

Semanalmente se obtuvo una muestra del material ofrecido y del rechazo para analizarlo en el laboratorio de Nutrición Animal perteneciente al departamento de Producción Animal y Pasturas en la Facultad de Agronomía, Montevideo. Los análisis realizados fueron de cenizas totales, proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA).

El contenido de cenizas se obtuvo a través de una incineración de la muestra a 600°C, durante varias horas.

La proteína cruda se cuantificó mediante la técnica de Kjeldahl, la cual determina el contenido total de nitrógeno del alimento. El nitrógeno cuantificado se multiplica por el factor 6.25, debido a que se toma en consideración que todo el nitrógeno del alimento está en forma de proteína, y que estas contienen 16% de nitrógeno (Trujillo y Marichal, 2014).

La FDN, cuya fracción agrupa todo los componentes de la pared celular, se obtuvo mediante un tratamiento de la muestra con un detergente aniónico (sulfato lauril sódico) en un medio neutro (pH 6.9-7.1), luego, con una solución conteniendo un detergente catiónico (bromuro de cetil trimetil amonio) en un medio ácido fuerte, se cuantificó la FDA (Trujillo y Marichal, 2014).

### **3.11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El experimento fue analizado mediante modelos lineales correspondientes a un diseño de parcelas al azar, refiriéndose a cada animal como unidad experimental. Se utilizó el paquete SAS difiriendo en el procedimiento según el tipo de variable analizada.

De acuerdo al modelo lineal general, se analizó mediante el procedimiento GLM las variables de respuesta: peso vivo a la salida del corral, eficiencia de conversión, altura final, digestibilidad, peso/altura, consumo de grano entero, grano entero indigestible en heces.

$$Y_{ijk}: \mu + T_i + \beta_1 x_1 + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta (Peso vivo salida del corral, eficiencia de conversión, altura final, digestibilidad, peso/altura, consumo de grano entero, grano entero

indigestible en heces)

$\mu$ = media

$T_i$ = efecto del i-ésimo nivel de sustitución de heno de alfalfa por grano de avena entero ( $i= 0\%$ ,  $10\%$ ,  $20\%$  y  $30\%$ )

$\beta_1 x_1$ = coeficiente de regresión asociado a la covariable peso o altura de inicio.

$\varepsilon_{ij}$ = error experimental

Fue analizado utilizando el procedimiento MIXED la ganancia diaria de peso vivo según un modelo lineal mixto de heterogeneidad de pendientes de peso vivo en función del tiempo, teniendo en cuenta la autocorrelación entre las medias repetidas de peso vivo.

$$Y_{jklm} = \beta_0 + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + \beta_1 d_1 + \beta_{1j} \zeta_j d_1 + \beta_2 PV_{jk} + \sigma_{jklm}$$

Dónde,

$Y_{jklm}$ : peso vivo

$\beta_0$ : intercepto

$\zeta_j$ : efecto del j-ésimo nivel de grano entero de avena ( $j= 0\%$ ;  $10\%$ ;  $20\%$  y  $30\%$ )

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental

$\beta_1$ : es la pendiente promedio (ganancia diaria) del peso vivo (PV) en función de los días ( $d_1$ )

$\beta_{1j}$ : es la pendiente del peso vivo (PV) en función de los días ( $d_1$ ) para cada nivel de grano entero de avena.

$\beta_2$ : es la pendiente que afecta a la covariable PV al inicio del experimento ( $PV_{jk}$ )

$\sigma_{jklm}$ : es el error de la medida repetida en el tiempo (dentro de animales)

Las variables de respuesta que están asociadas al consumo de alimento, se analizaron utilizando el procedimiento MIXED en base al modelo general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \zeta_j + \varepsilon_{jk} + S_l + (\zeta S)_{jl} + \sigma_{ijkl}$$

Dónde,

$Y_{ijkl}$ : consumo de materia seca, rechazo

$\mu$ : media general

$\zeta_j$ : efecto del j-ésimo nivel de inclusión de grano entero de avena ( $j= 0\%$ ;  $10\%$ ;  $20\%$  y  $30\%$ )

S: efecto de la S-ésima semana ( $l= 1, \dots$ ).

$\varepsilon_{jk}$ : error experimental

$\sigma_{ijkl}$ : es el error de la medida repetida en el tiempo

También el procedimiento MIXED fue empleado para estudiar la caracterización del aporte de FDN efectiva, el factor de efectividad y la distribución de las partículas del alimento.

Para el análisis de los datos de comportamiento ingestivo, se usó un modelo lineal generalizado usando el macro GLIMMIX del paquete estadístico SAS.

$$\ln(P/(1-P)) = b_0 + \zeta_i + P_j + (\zeta P)_{ij} + D_k(P)_j$$

Dónde,

P es la probabilidad de consumo, rumia o descanso.

b<sub>0</sub> es el intercepto

ζ<sub>i</sub> es el efecto de los tratamientos

P<sub>j</sub> es el efecto de la semana de observación

ζP<sub>ij</sub> es la interacción entre tratamiento y semana

D<sub>k</sub>(P)<sub>j</sub> es el efecto de los días dentro de cada semana

Cuando el efecto de tratamiento fue significativo, se analizó la significancia del efecto lineal y cuadrático asociado al nivel de inclusión de GEA. Se consideró que un efecto era estadísticamente significativo cuando la probabilidad de error Tipo I era menor al 5%.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS**

Durante el periodo experimental (Cuadro 9), la temperatura media, mínima y máxima, tendieron ser normales, debido a que estuvieron dentro del desvío histórico (2002-2014, Cuadro 6).

Es de destacar que en los meses de enero y febrero las temperaturas máximas superaron los 30° C, por lo que, según Lapetina (2008), si perduraron por varias horas del día, podría incrementar los requerimientos de mantenimiento, así como también del consumo de agua. Además, en estas circunstancias el consumo de alimento tendería a disminuir a casi la mitad. Los valores ITH  $\leq 74$  se clasifican como alerta, por lo que, los animales estuvieron en promedio, expuestos a un estrés calórico moderado en los meses de enero y febrero, sin embargo, los desvíos ( $\pm 3$ ) de ITH para estos meses, demuestran que en algunos momentos, los animales presentaron estrés más elevado. Según Mader et al. (2006) un ITH entre 70 y 74 es un indicador de que existe potencial de estrés por calor en el ganado. No obstante, es importante considerar que el estrés pudo haber sido minimizado por la presencia de sombra en el corral. Lo que posiblemente, contribuye en la reducción del costo energético de mantenimiento permitiendo así, mayores ganancias de peso (Simeone y Beretta, 2010).

Cuadro 9. Condiciones climáticas del periodo experimental

<b>Variable (desvío estándar de la media)</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>
Temperatura media, °C	26 ( $\pm 2$ )	25 ( $\pm 3$ )	21 ( $\pm 3$ )	18 ( $\pm 5$ )
Temperatura mínima, °C	19 ( $\pm 2$ )	19 ( $\pm 3$ )	15 ( $\pm 2$ )	15 ( $\pm 5$ )
Temperatura máxima, °C	33 ( $\pm 2$ )	31 ( $\pm 4$ )	26 ( $\pm 4$ )	22 ( $\pm 5$ )
Humedad relativa, %	64 ( $\pm 8$ )	71 ( $\pm 12$ )	74 ( $\pm 7$ )	83 ( $\pm 5$ )
Precipitación, mm	31 ( $\pm 5$ )	323 ( $\pm 27$ )	107 ( $\pm 11$ )	700 ( $\pm 38$ )
ITH*	74 ( $\pm 3$ )	72 ( $\pm 8$ )	67 ( $\pm 4$ )	64 ( $\pm 8$ )

\*ITH=Índice de temperatura y humedad ( $0.8^{\circ}\text{Temperatura del aire (Ta)} + ((\text{humedad relativa del aire}/100) * (\text{Ta} - 14.3)) + 46.4.$ )

Fuente: EEMAC. Estación Meteorológica.<sup>1</sup>

Las precipitaciones fueron atípicas en los meses de enero y abril; en el mes de enero fueron inferiores a la precipitación mínima histórica y en el mes de abril superiores a la máxima precipitación histórica. Sin embargo, es importante considerar que en este último mes el periodo experimental abarcó solamente la primera semana. No obstante, no ocurrieron problemas

relacionados a la acumulación de barro en el corral que afectasen la performance animal, explicado posiblemente por las altas temperaturas estivales junto a la limpieza del corral cada 15 días.

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA DIETA

Al incluir GEA la concentración de FDN en la RTM (Cuadro 10) disminuyó, debido a los menores niveles de FDN del grano de avena respecto al heno de alfalfa. Al mismo tiempo el fef incrementó levemente, sin embargo, no fue lo suficientemente relevante como para compensar la disminución de la FDN por lo que, la substitución del heno de alfalfa por GEA, disminuyó el contenido de FDN<sub>fe</sub> en la RTM.

Cuadro 10. Composición química y características físicas de raciones totalmente mezcladas difiriendo en el nivel de inclusión de grano de avena (GEA)

	Nivel de inclusión de GEA				Probabilidad del efecto	
	0%	10%	20%	30%	Lineal	Cuadr.
<b>Composición química (% base seca)</b>						
MS (% base fresca)	71,02	72,49	70,89	71,71	-	-
Cenizas totales	9,07	8,53	7,99	7,44	-	-
Proteína cruda	16,94	16,73	16,52	16,31	-	-
FDN	36,61	33,44	30,26	27,09	-	-
FDA	17,12	14,65	12,19	9,73	-	-
<b>Distribución del tamaño de partículas*</b>						
19 mm	5,3	2,96	2,24	0,4	ns	ns
8 mm	3,04	5,56	4,26	1,4	ns	ns
1.18 mm	63,06a	67,28ab	77,66ab	83,84b	0.0024	ns
Bandeja	28	23,2	15,48	14,06	ns	ns
fef**	0,714	0,758	0,8414	0,8546	ns	ns
FDN <sub>fe</sub> *** (%)	26,14	25,35	25,46	23,15		

\*Separador de partículas Penn State, % de retención según tamaño del tamiz

\*\*fef: factor de efectividad de la fibra.

\*\*\*FDN<sub>fe</sub>: fibra físicamente efectiva= FDNxfef

El nivel de GEA solamente afectó la proporción de partículas retenidas en el tamiz de 1.18 mm, observándose un incremento lineal ( $p=0,0024$ ) de partículas entre 1.18 y 8 mm con la inclusión de GEA. Sin embargo, esto no repercutió en diferencias de fef, posiblemente explicado por la compensación de partículas de heno de alfalfa en la concentración de los tamices 8 y 19 mm.

Debido a que solamente las partículas mayores a 1.18mm estimulan la masticación (Poppi et al., citados por Mertens, 1997), es esperable dado los altos valores de fef, que las diferentes dietas presenten alta actividad de masticación. No obstante, las alteraciones en el contenido de FDN y la forma física de la ración pueden ocasionar cambios en la masticación entre los animales. Igualmente pese a que los granos presentan poca FDN, si el tamaño de la partícula es lo suficientemente grande (entero) puede resultar eficaz para estimular la masticación (Mertens, 2002).

Los valores de FDNfe ofrecidos estuvieron dentro de los recomendados por Mertens (2002), en un trabajo realizado con 8 publicaciones en ganado en terminación, para minimizar los abscesos hepáticos (22%) y maximizar la ingesta (25%). Además superan a la recomendación de Fox y Tedeschi (2002), de un mínimo de 20% de FDNfe para maximizar la digestibilidad de la pared celular, optimizando la utilización de forraje. Sin embargo estos autores hacen referencia a que Strasia y Gill, a que los valores FDNfe pueden ser inferiores (7%) si la categoría son bovinos en terminación, no obstante, esto podría no ser extrapolable en las categorías con poco desarrollo ruminal como lo son los terneros de destete precoz.

Las características químicas y nutricionales del rechazo del tratamiento T0 (0% GEA), evidencian la presencia de selectividad por parte del animal en busca de una dieta con mayor valor nutritivo, explicado principalmente por las diferencias entre la composición de la dieta ofrecida (Cuadro 10) y la rechazada (Cuadro 11).

Cuadro 11. Composición química y efectividad de la fibra (fef) del rechazo difiriendo en el nivel de inclusión de grano de avena (GEA)

Composición del rechazo	Nivel de inclusión de GEA			
	0%	10%	20%	30%
MS (%)	69,19	71,37	72,19	75,07
Cenizas totales (%)	9,05	8,62	8,24	7,49
Proteína cruda (%)	12,14	12,81	14,87	15,51
FDN (%)	57,06	52,24	39,62	26,55
FDA (%)	35,26	30,02	18,82	9,56
Fef	0,94*	0,93*	0,84*	0,80*

\*probabilidad del efecto:  $p < 0.0001$

Los rechazos de las dietas con fardo de alfalfa presentaron mayores niveles de FDN respecto al alimento ofrecido, evidenciaron un mayor grado de selectividad en contra del heno, lo que se reflejaría en un cambio de la concentración de la proteína y energía de la dieta consumida (Cuadro 12).

Cuadro 12. Composición química, características nutricionales y químicas de la dieta, expresada en % de MS, difiriendo en el nivel de inclusión de GEA

Composición de la dieta	Nivel de inclusión de GEA				Probabilidad del efecto	
	0%	10%	20%	30%	Lineal	Cuadr.
Cenizas totales (%)	9,05	8,49	7,91	7,45	p<0.0001	p=0.0055
Proteína cruda (%)	17,51	17,19	16,80	16,51	p<0.0001	ns
FDN (%)	33,89	30,85	28,30	27,28	p<0.0001	p<0.0001
FDA (%)	17,07	14,61	12,15	9,75	p<0.0001	ns
FDNfe (%)	22,51	22,19	23,86	23,57	p<0.0001	ns
Digestibilidad in vivo de MS (%)	61,73	72,27	72,22	76,53	p<0.0003	ns

A su vez, se esperaría, según McDonald et al. (2006), que la sustitución del heno de alfalfa (EM= 1,92 Mcal/kg MS) por el grano de avena (2,64 Mcal/kg MS), contribuya a una mayor capacidad de metabolización (EM/Energía Bruta) y una mejor eficiencia de utilización de la EM (Energía Neta/EM).

La concentración de nutrientes en la dieta, mostró diferencias significativas entre los tratamientos (p<0.0001) para todas las variables analizadas, observándose una disminución cuadrática en la concentración de cenizas (p=0.0055) y FDN (p<0.0001), y lineal en el contenido de PC y FDA (p<0.0001), a medida que el nivel de sustitución de heno por GEA aumentó.

Con respecto al aporte de fibra de la dieta la FDN disminuyó 24% con la sustitución total de heno de alfalfa por GEA, y la FDNfe obtuvo un aumento lineal ( $y=0,0485x+22,305$ ; p<0,0001), 5% respecto al tratamiento sin grano. Es de destacar la mayor relación entre FDNfe consumida y la ofrecida para las dietas con grano de avena. La baja proporción de FDNfe consumida/ofrecida en las dietas con heno de alfalfa posiblemente contribuya para afirmar que hubo mayor selectividad en el comedero por parte del animal hacia una dieta menos fibrosa.

Según Pordomingo (2005), para mantener una actividad fermentativa adecuada, la cantidad mínima de FDA debería ser de 10%, en base seca. De todos los tratamientos, el único que se mantuvo por debajo de ese límite fue el tratamiento con 30 % GEA. Es de mencionar, que este tratamiento presentó un animal con síntomas de acidosis por un breve periodo de tiempo (5 días).

### 4.3. CONSUMO

Los animales efectivamente estuvieron alimentados *ad libitum* considerando que los rechazos estuvieron por encima del umbral manejado (5%). Los rechazos aumentaron en forma lineal con el nivel de inclusión de GEA, siendo los mismos: 10.97%, 11,30%, 15.27% y 15.93% para 0%, 10%, 20% y 30% de GEA respectivamente.

En el cuadro 13 se observa el efecto de nivel de inclusión de GEA en sustitución del heno de alfalfa sobre el consumo de materia seca (MS), MS digestible (MSD), FDN, FDA, CT y PC.

Cuadro 13. Efecto del nivel de inclusión de GEA sobre el consumo de MS, consumo de MS digestible (CMSD), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), cenizas totales (CT) y proteína Cruda (PC)

Consumo	Nivel de inclusión de GEA				Prob. efecto (p valor)	
	0%	10%	20%	30%	Lineal	Cuadr.
CMS, kg	4,35	4,59	4,69	4,39	ns	ns
CMS, %PV	3,52	3,56	3,59	3,46	ns	ns
CMSD, kg/día	2,19	2,58	2,59	2,75	0,0108	ns
FDN, kg/día	1,50	1,41	1,30	1,20	0,0007	ns
FDA, kg/día	0,76	0,67	0,55	0,43	0,0001	ns
FDNfe, kg/día	1,00	1,02	1,10	1,04	ns	ns
CT, kg/día	0,4	0,39	0,36	0,32	0,0016	ns
PC, kg/día	0,78	0,79	0,77	0,73	ns	ns

El CMS expresado tanto en kg/día como en porcentaje del peso vivo, no fue afectado significativamente por el tratamiento (T), ni por la interacción T x día dentro de la semana (D(SEM)). Sin embargo, el mismo se vio afectado por la semana experimental (SEM  $p < 0.001$ ), por la interacción SEM x T ( $p < 0.001$ , Figura 3) y los D((SEM)  $p < 0.001$ ).

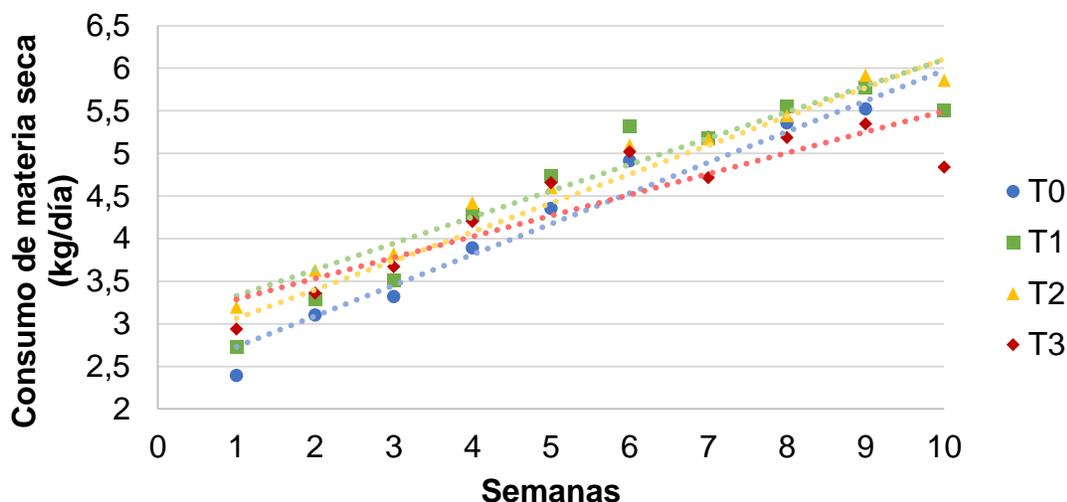


Figura 3. Evolución semanal del consumo de materia seca en terneros de destete precoz según el nivel de inclusión de GEA y sustitución de heno de alfalfa

Los consumos expresados en porcentaje del peso vivo, superaron a los obtenidos por Pordomingo (2002), en la evaluación grano entero de maíz, sin fibra larga, donde terneros de 150 kg presentaron un consumo promedio de 2,9% del PV. Esto podría ser explicado por la diferencia de categoría, que al ser más joven, los animales de destete precoz, tenderían a un consumo más elevado. Por otra parte, comparando con la misma categoría de destete precoz, los consumos fueron similares a las obtenidas por Manasliski y Rodríguez (2013), donde el consumo en porcentaje de peso vivo fue de 3,48 con una inclusión de 8% de retornable fino.

El consumo de nutrientes evaluado en kg/día, fue afectado por el tratamiento, mostrando un respuesta lineal en el caso de consumo de cenizas totales ( $b = -0.0024$ ;  $p = 0.0016$ ), FDN ( $b = -0.0101$ ;  $p = 0.0007$ ) y FDA ( $b = -0.0108$ ;  $p < 0.0001$ ). Por otro lado, el consumo de proteína cruda, no presentó diferencias significativas ( $p = 0.5020$ ) aun cuando la selectividad en contra al fardo determinó una mayor concentración de PC en la dieta con 0% GEA. Araujo et al. (1998) evaluando el consumo de nutrientes en dietas con diferentes niveles de voluminosos en terneros Holando, también observaron que el consumo de FDN y FDA aumentó linealmente a medida que se incrementó el porcentaje de voluminoso en la dieta. El contenido de FDN se utiliza como un índice de volumen y supone un límite a la capacidad de ingestión de la ración. Valores por encima del 1,2% del peso vivo (Mertens, citado por Calsamiglia, 1997) puede limitar la ingestión de alimento, lo que demuestra que posiblemente el

consumo no fue afectado por restricciones físicas ya que el mayor consumo de FDN fue en el tratamiento sin GEA, representando un 1,18% del peso vivo. En este sentido, Dutra et al. (1997), en trabajos con novillos (Holando x Cebú) no observó diferencias en el consumo de FDN, en dietas con alto o bajo contenido de fibra (38,7 y 57,2% de FDN en la MS total), posiblemente explica el autor que el consumo fue regulado por la demanda de energía, dado que los niveles de consumo de FDN fueron inferiores (0,9%) al valor recomendado por Mertens (2002).

Cuando la energía digestible en la dieta se diluye por fibra, es esperable que el animal tienda a aumentar su consumo para obtener la misma cantidad de energía que el que consumió en la dieta menos fibrosa; siempre y cuando la ingesta no esté limitada por el llenado físico (Defoor et al., 2002). En este caso, a pesar de las variaciones en el contenido de FDN en las dietas entre los tratamientos y posiblemente de la concentración de energía, los animales no consumieron más alimento con el incremento de la fibra.

Por otra parte, la digestibilidad *in vivo* de la MS (DMS), tendió a mejorar linealmente ( $p < 0001$ ) a medida que se sustituyó el fardo de alfalfa por grano entero de avena. Por esta razón, el consumo de MS digestible, calculado como el CMS \* DMS, aumentó linealmente ( $b=1,68; p=0.0108$ ). Mertens (2002) menciona que la variación de la digestibilidad de la materia seca se relaciona con la concentración y digestibilidad de la FDN de los alimentos. Además McDonald et al. (2006) afirman que la digestibilidad es más afectada por la fracción fibra del alimento.

A medida que se incrementa el nivel de GEA, disminuye la concentración de FDN, incrementándose la digestibilidad del alimento, lo que demuestra que los niveles de FDN, están asociados negativamente con la digestibilidad (Mertens, citado por Church, 1993). Pordomingo et al. (2002) hacen referencia a que la inclusión del GEA incrementó la digestibilidad de la dieta con grano entero de maíz en terneros y novillos, debido a la alta digestión del grano de avena.

La estimación de la digestibilidad del GEA en el presente trabajo arrojó valores de 96%, 98% y 94% para los tratamientos 10%, 20% y 30% GEA respectivamente. Esta variación observada en el DMS del grano de avena, aparece asociada a un aumento lineal en el consumo de GEA ( $p < .0001$ ) que es máximo (1,578 kg de grano por día) en el tratamiento 30% GEA, y la proporción de grano entero que aparece en heces (1.4b%, 1.33c%, y 6.35a% en T=10%, 20% y 30% de GEA, respectivamente ( $b=0.0975, p=0.0078$ )). El incremento de grano en heces puede ser explicado posiblemente por dos supuestos, el primero es que el aumento de grano en heces pudo deberse por el mayor

consumo de GEA a igual digestibilidad y el segundo es que a medida que se incluyó GEA haya disminuido la digestibilidad del grano.

Es posible que en general, la baja proporción de grano en heces, fuese justificada por un mejor aprovechamiento del grano. En parte, explicados por la contribución de niveles altos de almidón y el aporte de fibra efectiva; junto a la utilización de categorías jóvenes cuya capacidad de retención física del grano en el rumen es mayor debido al menor tamaño del orificio retículo-omasal (Pordomingo et al., 2002).

Con todo, era esperable que el consumo hubiese incrementado a causas de la reducción en el contenido de FDN de la dieta y la mayor digestibilidad, dado que al vaciarse más rápido el tracto digestivo, más espacio existiría para la próxima comida (McDonald et al., 2006). Según Rovira (2012), el consumo se incrementa junto a incrementos en la digestibilidad hasta valores de 80%. Sin embargo, el consumo fue similar entre tratamientos, resultando independiente del incremento de la digestibilidad ( $p < 0.0003$ ). No obstante, la ingesta en las dietas con GEA pudo verse limitada por el mayor contenido de almidón, que al aumentar las concentraciones de AGV en el rumen, podría inferir mediante mecanismos quimiotáticos, actuando sobre la saciedad o por efecto de la concentración energética sobre el metabolismo. En menor medida, el consumo podría verse afectado por las altas temperaturas en los meses de enero y febrero ya que, temperaturas por encima de los 26°C, tienden a reducir en el consumo (McDowell, citado por Araujo-Febres, 2005).

#### 4.4. CRECIMIENTO DEL TERNERO

Cuadro 14. Medias ajustadas por tratamiento para la GMD, peso y altura a la salida del corral

Variable	Nivel de inclusión de GEA				Prob. efecto (p valor)	
	0%	10%	20%	30%	Lineal	Cuadr.
Peso inicial, kg	84	86	88	85	ns	ns
GMD, kg/d	1,12	1,28	1,30	1,28	0,0116	0,0359
Peso final, kg	165	175	176	176	ns	ns
Altura final, cm	1,67	1,75	1,79	1,78	ns	ns
Peso / altura final	98,92	99,97	98,59	98,76	ns	ns

Se observó una respuesta cuadrática ( $p=0.0359$ ) en la GMD frente niveles crecientes de sustitución de GEA por heno de alfalfa, en la cual la máxima ganancia (1,295 kg/día) se alcanzó cuando se incluye GEA en un 18,5% de la MS total con un nivel de FDNfe de 22,2%. Investigaciones

nacionales realizadas para evaluar la sustitución de heno de moha por GEA en terneros Hereford de 180 kg, alimentados a corral en invierno, hacen referencia a valores máximos de ganancia superiores a las obtenidas en el destete precoz, en torno a 1,58 kg/día, con niveles de 7,6% de GEA y 20% de FDNfe (Oneto y García, citados por Simeone y Beretta, 2016). A su vez, Mertens (2002) menciona que vacunos en terminación, maximizaron las ganancias con niveles de 15,3% de FDNfe. Por lo que se podría considerar, que categorías más jóvenes requieren más FDNfe para maximizar ganancias.

Por otra parte, comparando con la misma categoría de destete precoz, las GMD fueron inferiores a las obtenidas por Manasliski y Rodríguez (2013), donde la inclusión de 8% de retornable fino generó GMD de 1,40 kg.

Con respecto a la relación peso vivo/altura final, se percibe que no hubo tratamiento que tendió a engrasarse ( $p=0.1663$ ). Por lo que el aumento de peso vivo, acompañó el incremento en la altura del anca en los distintos tratamientos.

#### **4.5. EFICIENCIA DE CONVERSIÓN**

La eficiencia de conversión para los tratamientos 0%, 10%, 20% y 30% GEA fue respectivamente 3.89, 3.62, 3.60 y 3.44 kg MS/kg de PV ganado, registrando una tendencia lineal negativa ( $b=-0.137$ ;  $p=0.0212$ ). Valores similares (3,2 kg MS/kg de PV) fueron presentados por Manasliski y Rodríguez (2013) en terneros de destete precoz consumiendo *ad libitum* raciones incluyendo 8% de retornable fino en sustitución total del ensilaje de planta entera de sorgo.

La mejora en la EC es explicada por el aumento de la GMD dado un mismo consumo. La GMD incrementa cuadráticamente y la EC disminuye linealmente, para niveles de inclusión de GEA superiores al que maximiza la GMD (18,5%), en el tratamiento 30% GEA, la mejor EC sería producto del aumento en la eficiencia energética (Church, 1993), resultante de la mayor concentración de almidón, y por un mayor consumo de MS digestible (Figura 4).

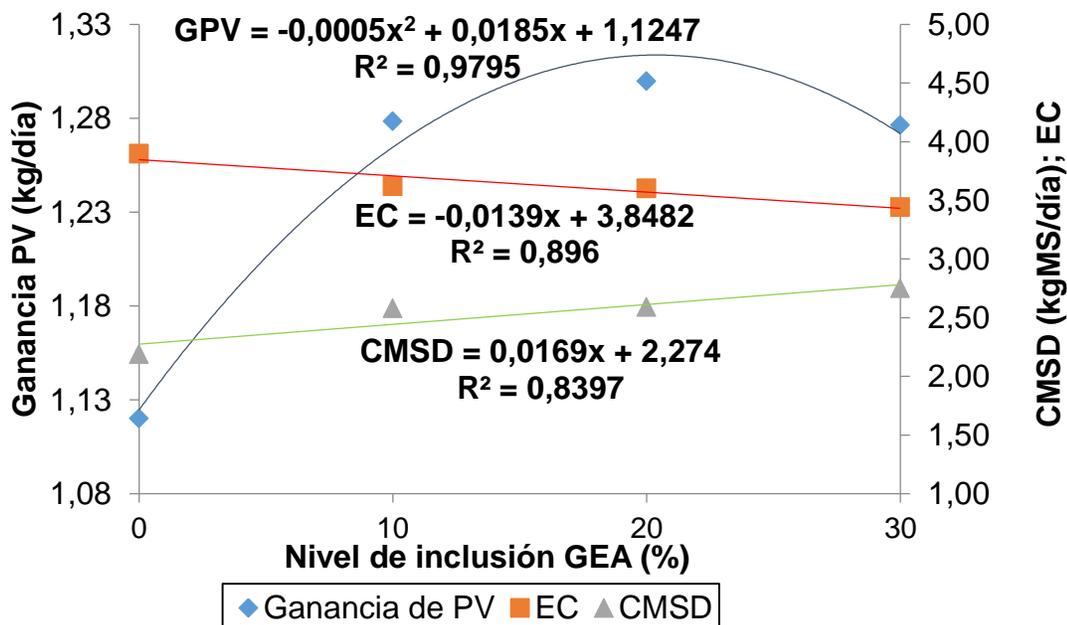


Figura 4. Evolución de la ganancia de PV, eficiencia de conversión y consumo de materia seca digestible, en función del nivel de inclusión de GEA

El aumento en el contenido de GEA dentro de la dieta total y la disminución del heno de alfalfa, aumenta el contenido de almidón de la dieta y la DMS, lo cual determinó que, si bien no hubo diferencias en el CMS, el consumo MSD aumentó en forma lineal (Cuadro 13). No obstante esto, la GMD responde en forma cuadrática, sin embargo, la disminución en valor de la EC tiende acompañar la mejora en la calidad de la dieta y en el aumento de la eficiencia energética (mayor relación C3/C2), por lo que, al disminuir los requerimientos de gasto de energía, se destina mayor participación para mejorar la performance animal. La digestión del almidón genera mayor producción de ácido propiónico (C3), al contrario del heno de alfalfa, que genera mayor producción de ácido acético (Blanco, 1999). La mayor relación C3/C2 resultaría más eficiente debido a las menores pérdidas energéticas en el proceso de fermentación, dado la mayor producción de glucosa y menor producción de metano (Kaufmann, citado por Blanco, 1999). Si bien la DMS del GEA no difirió tanto, a mayor consumo MSD puede verse modificado el sitio de digestión, trasladándose de rumen al intestino delgado (ID) y modificándose los productos finales de la digestión. En el ID, el almidón digerido se absorbe como glucosa, siendo más eficiente que cuando es fermentado en el rumen. Aunque, si la cantidad que pasa es muy alta disminuye la capacidad de digestión intestinal y se fermenta en el ciego donde ya no podría ser aprovechado, por lo que podría explicar en parte la disminución en GMD.

#### 4.6. COMPORTAMIENTO INGESTIVO

La probabilidad de encontrar un animal consumiendo disminuyó con la inclusión de GEA (Cuadro 15); por lo que, el tiempo de consumo fue mayor en el tratamiento 0% y 10% GEA. Esto puede ser explicado en parte debido a que los animales presentaron un consumo similar, sin embargo, el alimento más fibroso, con menos digestibilidad, permanece más tiempo en el tracto digestivo para absorber los nutrientes, reduciendo la tasa de pasaje (McDonald et al., 2006), como consecuencia, aumenta el tiempo destinado a consumo.

Cuadro 15. Efecto del nivel de inclusión de GEA sobre la probabilidad de hallar la ocurrencia de diferentes actividades de comportamiento animal

Actividad	Nivel de inclusión de GEA				Probabilidad del efecto (p valor)		
	0%	10%	20%	30%	T	S	TxS
Consumo	0,24a	0,22a	0,20 ab	0,155 b	0,0004	ns	ns
Rumia	0,18	0,16	0,19	0,17	ns	0,045	ns
Descanso	0,567b	0,57b	0,57a	0,63 a	0,025	0,035	ns
Bebida	0,017b	0,044a	0,035ab	0,038ab	0,0636	ns	ns

T=tratamiento; S=semana; TxS= efecto semana\*tratamiento.

Por otro lado a diferencia de lo reportado por Mertens (2002), el mayor contenido de FDN en la dieta y las alteraciones en la forma física de la ración no ocasionaron alteraciones significativas en la rumia. La ausencia de diferencias entre tratamientos podría ser explicada por el incremento en las concentraciones de FDNfe de la dieta con GEA, lo que supone que realmente el GEA aportó fibra efectiva a la dieta.

Por otro lado, se observaron cambios relevantes según la semana de medición (5 y 9), cuya probabilidad de observar un animal rumiando tendió a descender de la semana 5 (19%) a la 9 (16%).

Es de destacar que los registros fueron diurnos, pudiendo subestimar los resultados. Zanine et al. (2007) mencionan que el tiempo destinado a la rumia es mayor en la noche, y que los períodos de rumia son controlados por el suministro de alimentos. No obstante, las diferencias entre la relación del tiempo para las actividades de ingestión y de rumia, están relacionadas con el apetito de los animales, las exigencias energéticas y por el llenado ruminal (influenciado por la relación voluminoso/concentrado, Zanine et al., 2007).

Beretta y Bruni, citados por Lapetina (2010) hacen referencia a que el consumo de agua está directamente relacionado con consumo de alimento y con el contenido de materia seca del mismo, por tanto, dada la similitud en consumo y % MS, no se observaron alteraciones relevante en el consumo de agua entre tratamientos.

Es importante hacer referencia que tiempo destinado por animal para el descanso, fue mayor al 50% en todos los tratamientos y al contrario de la actividad de rumia, la probabilidad de descanso ascendió de la semana 5 (27%) para la 9 (41%). No obstante, la probabilidad de encontrar un animal descansando fue mayor en el tratamiento con 30% GEA, justificado principalmente por el menor tiempo destinado a consumo y bebida respecto a los tratamientos 0% y 10% GEA.

#### **4.7. DISCUSIÓN GENERAL**

Los cambios en la fuente de fibra efectiva, modificaron las características nutricionales de la dieta. Debido al menor contenido de FDN del GEA, la substitución del heno de alfalfa por GEA resultó en una disminución en la concentración de FDN de la dieta y aumentos en el contenido de almidón. Al mismo tiempo, con el aporte del grano los niveles de FDNfe fueron incrementados ubicándose en torno a valores recomendados para otras categorías, por lo que se podría esperar resultados eficaces para promover actividad de masticación, por lo que posiblemente no haya ocurrido una disminución importante del pH que afectase la performance animal. Es de destacar que se observó una selectividad por parte del animal en contra al heno de alfalfa, siendo máxima en GEA=0%, donde la composición del rechazo presentó mayores niveles de FDN (57%) y fef (0,94) y menores en proteína (12%) respecto al alimento ofrecido.

La substitución de heno de alfalfa por GEA mejora la EC en forma lineal, mientras que la GMD se maximiza (1,295 kg/día) cuando el nivel de inclusión de GEA fue de 18,5%. La inclusión del GEA tiende a mejorar la calidad de la dieta por el mayor aporte de almidón y la reducción en los niveles de FDN, lo que contribuyó a una mayor digestibilidad y mayor consumo de MSD. Es de esperar que el mayor nivel de almidón, proveniente del incremento en la inclusión del GEA, aumente la relación C3/C2, y por tanto, la eficiencia energética de la dieta. En este sentido, al disminuir los requerimientos de gasto de energía, provenientes de una menor pérdida de calor, mejor digestión y aprovechamiento de los productos de fermentación, se destina mayor partición para mejorar la performance animal y la EC. Por otra parte, es de considerar que la mayor EC en el tratamiento 0% GEA puede estar también explicada por el gasto de energía destinado a una mayor actividad de consumo teniendo en

cuenta a que hubo mayor selección de alimento.

Con respecto al comportamiento ingestivo, las diferencias entre tratamiento se observaron en la actividad de consumo y descanso. La igualdad en la actividad de rumia se puede explicar porque el GEA tendió a compensar la disminución de FDN mediante un incremento en los niveles de FDNfe, aportando efectividad a la dieta. Por otro lado, los animales suministrados con 30% GEA, descansaron más horas por día durante el periodo diurno (7,6 horas) y tendieron a consumir la misma cantidad de alimento en menos tiempo (1,8 horas), sin embargo este consumo, medido en un periodo diurno, podría estar subestimado dado que en verano, existe la posibilidad que se transfiera parte del consumo hacia la noche.

#### 4.8. IMPLICANCIAS PRÁCTICAS

Para la inclusión de esta alternativa de fibra corta en un sistema de producción, es muy importante evaluarla económicamente. Para esto, se calculó el precio del kg producido en el periodo experimental para cada tratamiento y el beneficio económico del mismo, a partir de las ganancias y consumo de MS en base fresca (Cuadro 16).

Cuadro 16. Evaluación económica la del experimento para cada tratamiento

Ingredientes	U\$\$/kg	Nivel de inclusión de GEA			
		0%	10%	20%	30%
Heno de alfalfa*	0,23	0,069	0,046	0,023	0
GEA*	0,30	0	0,03	0,06	0,09
Ración DP**	0,32	0,224	0,224	0,224	0,224
<b>Total U\$\$/kg</b>		<b>0,29</b>	<b>0,30</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>
GMD, kg/d		1,12	1,28	1,30	1,28
Consumo BF, kg/día		4,67	4,93	5,03	4,71
U\$\$/día		1,37	1,48	1,54	1,48
Días experimentales		72	72	72	72
U\$\$, período		99	106	111	106
Kg, producidos		80,64	92,16	93,60	92,16
Costo carne producida, U\$\$/kg		1,22	1,15	1,19	1,15
U\$\$/kgCarne***		1,59	1,59	1,59	1,59
<b>Ganancia, U\$\$/ternera</b>		<b>29,71</b>	<b>40,15</b>	<b>37,62</b>	<b>40,10</b>

\*Precio estimado en base el periodo experimental

\*\*Precio real de Copagran para el periodo del experimento.

\*\*\*Precios terneras 141 a 200 kg semana No. 15 del 2016 tomados de Asociación de consignatarios de ganado (2016)

Cabe destacar, que en el cálculo no se consideraron los costos de flete, destare y el costo de picado del heno de alfalfa.

En la medida que se substituye el heno de alfalfa por grano entero de avena, se empieza incrementar las ganancias, obteniendo 40 U\$S/ternera en la suplementación con 30% GEA, durante el periodo experimental.

A partir de la eficiencia de conversión estimada en el presente trabajo para el tratamiento con 30% de GEA, y utilizando el costo para aquel periodo de 300 U\$S la tonelada de grano entero de avena, y de la ración de destete precoz a 321 U\$S/ton, es posible predecir el precio mínimo de la ternera a partir del cual comenzaría ser rentable esta tecnología (Cuadro 17).

Cuadro 17. Precio mínimo del kg de ternera para considerar factible la tecnología

<b>Evaluación económica, 30%GEA</b>	
Costo dieta, U\$S/kg	0,32
EC, kg MS/kg de PV	3,44
Precio mínimo de la ternera, U\$S/kg	1,10

Se consideró necesario además, evaluar la ganancia U\$S/ternera obtenida luego cubrir el costo de la dieta, en distintos escenarios de precios, tanto de la avena como el precio de la ternera. Se contempló la eficiencia de conversión de 3,44 kg MS/ kg de PV.

Según la ACG (2016) para abril de 2016 el precio por kg de ternera era 1,59 U\$S, por lo que el precio máximo que se podría pagar por la avena en ese momento, para equilibrar las pérdidas con las ganancias, era 1980 U\$S la tonelada. Por tanto, se puede considerar una tecnología poco sensible a cambios de precio, tanto de avena como de la ternera, ya que en los distintos escenarios de precios se obtienen beneficios económicos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Relaciones de precios de la avena y de la ternera para evaluación de sensibilidad de la tecnología

		PRECIO DE TERNERA, U\$S/KG					
		1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
U\$S/ton avena	400	102	120	138	155	173	190
	500	82	100	117	135	152	170
	600	72	89	107	125	142	160
	700	62	79	97	114	132	150
	800	51	69	87	104	122	139

Si evaluamos el beneficio total del destete precoz, sin incluir el costo del periodo de acostumbramiento, utilizando un precio de la ACG (2016) de 1,59 U\$S/kg para la categoría de terneras de 176 kg, el precio de cada ternera vendida estaría entorno a los 280 U\$S. Cuando a este valor se le quita el costo de la alimentación con 30% GEA (107 U\$S), se obtendría una ganancia por ternera de 173 U\$S. Mientras que para el tratamiento con heno de alfalfa las ganancias estarían en torno a 165 U\$S/ternera.

A parte del beneficio económico, es muy importante resaltar, que la utilización del grano entero de avena, permitiría solucionar la problemática del voluminoso, eliminando la utilización mixers para picar el heno de alfalfa y la necesidad de amplios espacios para almacenar todo el material fibroso. Además no es menor el beneficio de la técnica en mejorar los índices reproductivos y la liberación del área para otras categorías junto al adelantamiento del primer entore en estas futuras vaquillonas. Por otro lado, si los datos fuesen extrapolables a categorías de terneros, los resultados podrían ser aún más alentadores, debido a la mayor valorización de esta categoría (mayor precio del kg producido), junto a una mejora en la eficiencia de los sistemas recriadores e invernadores (adelanta el ciclo).

## **5. CONCLUSIONES**

La sustitución del heno de alfalfa por grano entero de avena, en tanto se mantenga el aporte mínimo de FDN efectiva en la dieta, surge como una alternativa tecnológica que permitiría, además de aumentar la concentración energética de la dieta, eliminar la problemática del manejo operativo de la fibra larga, en la alimentación a corral de terneros destetados precozmente, sin afectar la performance individual. El efecto de niveles crecientes de sustitución de heno de alfalfa por grano de avena entero permite mejorar la eficiencia de conversión, lo que resulta muy atractivo para la viabilidad económica de esta tecnología. Sin embargo, las máximas ganancias, en torno a 1,30 kg/día fueron alcanzadas con una inclusión de 18,5% de grano entero de avena.

## 6. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo entre el 27 de enero y 6 de abril de 2016 en los corrales de encierro de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC), ubicada en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC), localizada en el departamento de Paysandú (km 363 de la ruta nacional No. 3). El objetivo del mismo fue evaluar el efecto de niveles crecientes de sustitución de la fibra larga por grano entero de avena (*Avena byzantina*) como fuente de fibra efectiva en dietas concentradas, sobre la performance y eficiencia de uso del alimento en terneros destetados precozmente y alimentados a corral. Se utilizaron 24 terneras Hereford nacidas en la primavera de 2015 provenientes del rodeo experimental de la EEMAC, destetadas precozmente con un promedio de edad de  $64 \pm 10$  días y  $77,5 \pm 13$  kg de peso vivo. Los animales fueron asignados al azar en 24 corrales individuales con los siguientes tratamientos: 1) Suministro diario de una ración totalmente mezclada (RTM) constituida por 70% ración comercial de destete precoz (RCDP); 30% heno de alfalfa (HA); 2) Suministro diario de RTM, 70% RCDP, 20% HA y 10% grano avena entero (GEA); 3) Suministro diario RTM, 70% RCDP, 10% HA y 20% GEA; 4) Suministro diario RTM, 70% RCDP, 30% GEA, quedando cada tratamiento compuesto por 6 repeticiones ( $n=6$  corrales, 1 ternero/corral), constituyendo así cada animal una unidad experimental. Todas las terneras fueron alimentadas *ad libitum*. Se observó una respuesta cuadrática ( $p=0.0126$ ) en la ganancia media diaria afectada por el nivel de sustitución de GEA por heno de alfalfa. La máxima ganancia (1,295 kg/día) se alcanza cuando se sustituye heno por GEA a razón de 18,5%. El consumo de materia seca expresado tanto en kg/día (0% GEA: 4,35 kg/animal/día, 10% GEA: 4,59 kg/animal/día, 20% GEA: 4,69 kg/animal/día, 30% GEA: 4,39 kg/animal/día) como porcentaje de peso vivo (0% GEA: 3,52 %PV, 10% GEA: 3,56 %PV, 20% GEA: 3,59 %PV, 30% GEA: 3,46 %PV), no fue afectado por el efecto del tratamiento. La eficiencia de conversión para los tratamientos (0% GEA: 3,89 kg MS/kg PV, 10% GEA: 3,62 kg MS/kg PV, 20% GEA: 3,60 kg MS/kg PV, 30% GEA: 3,44 kg MS/kg PV) presentó una tendencia lineal negativa ( $b= -0,137$ ;  $p= 0,0212$ ). La inclusión de GEA en dietas como fuente de fibra efectiva permite sustituir la fibra larga, sin afectar la performance animal. A su vez, tiende a mejorar la calidad de la dieta por el mayor aporte de almidón y la reducción en los niveles de FDN, lo que contribuyó a una mayor digestibilidad y mayor consumo de MSD, reflejado en una mejora de la eficiencia de conversión.

Palabras clave: Destete precoz; Corral; Terneros; Fibra efectiva; Grano entero de avena.

## **7. SUMMARY**

The present work was carried out between January 27<sup>th</sup>. and April 6<sup>th</sup>., 2016 in the feedlot of the Intensive Meat Production Unit (UPIC), located at the Mario A. Cassinoni Experimental Station (EEMAC) located in The department of Paysandú (km 363 of the national route Nr. 3). The objective of this study was to evaluate the effect of increasing levels of substitution of long fiber by whole grain oats (*Avena byzantina*), as a source of effective fiber in concentrated diets, on the performance and efficiency of feed use in calves weaned precociously and fed in a feedlot. Twenty-four Hereford heifer calves born in the spring of 2015 from the experimental EEMAC herd were used. They were weaned precociously with a mean age of  $64 \pm 10$  days and 80 kg of live weight. The animals were randomly assigned to 24 individual pens with the following treatments: 1) Daily supply of a total mixed ration (TRM) consisting of 70% early weaning commercial ration (EWCR); 30% alfalfa hay (AH); 2) Daily supply of TRM, 70% EWCR, 20% AH and 10% whole grain oats (WGO); 3) TRM daily supply, 70% EWCR, 10% AH and 20% WGO; 4) Daily supply TRM, 70% EWCR, 30% WGO, each treatment consisting of 6 replicates ( $n = 6$  pens, 1 calf/pen), thus constituting each animal an experimental unit. All calves were fed *ad libitum*. A quadratic response ( $p = 0.0126$ ) was observed in the average daily gain affected by the WGO substitution level by alfalfa hay. The maximum gain (1,295 kg/day) was reached when hay was replaced by WGO at the rate of 18.5%. The dry matter intake expressed in kg/day (0% WGO: 4.35 kg/animal/day, 10% WGO: 4,59 kg/animal/day, 20% WGO: 4,69 kg/animal/day , 30% WGO: 4.39 kg/animal/day) as a percentage of live weight (0% WGO: 3.52% LW, 10% WGO: 3.56% LW, 20% WGO: 3,59% LW, 30% WGO: 3.46% LW), was not affected by the treatment effect. The conversion efficiency for the treatments (0% WGO: 3.89 kg DM/kg LW, 10% WGO: 3.62 kg DM/kg LW, 20% WGO: 3.60 kg DM/kg LW, 30% WGO: 3.44 kg DM/kg LW) presented a negative linear trend ( $b = -0.137$ ;  $p = 0.0212$ ). The inclusion of WGO in diets as an effective fiber source allows replacing long fiber without affecting animal performance. At the same time, it tends to improve the quality of the diet by the greater contribution of starch and the reduction in the levels of NDF, which contributed to a greater digestibility and greater consumption of DM, reflected in an improvement of the conversion efficiency.

Keywords: Calves; Early weaning; Effective fiber; Feedlot; Whole grain oats.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. ACG (Asociación de Consignatarios de Ganado, UY). 2016. Mercado de haciendas. (en línea). Montevideo. 4 p. Consultado 20 mar. 2017. Disponible en [http://www.acg.com.uy/semana\\_actual.php?semana=15&anio=2016](http://www.acg.com.uy/semana_actual.php?semana=15&anio=2016)
2. Acosta, Y. 1991. Tabla de contenido nutricional de pasturas y forrajes del Uruguay. Estimadores del valor nutritivo para producción de leche. In: Pigurina, G.; Methol, M.; Acosta, Y.; Bassewitz, H.; Mieres, J. eds. Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, INIA. pp. 33-44 (Serie Técnica no. 5).
3. \_\_\_\_\_.; La Manna, A. 2015. Durante una sequía o luego de esta puede faltar fibra en la dieta; cuidemos que esta sea realmente físicamente efectiva. (en línea). Montevideo, INIA. 5 p. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en [http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Selecci%C3%B3n%20RG%202015/Lecher%C3%ADa/Fibra%20efectiva%20web%20INIA\\_2015.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Sequ%C3%ADa/Selecci%C3%B3n%20RG%202015/Lecher%C3%ADa/Fibra%20efectiva%20web%20INIA_2015.pdf)
4. Araújo, G.; Da Silva, J.; Campos, S.; Filho, V.; Campos, O.; De Castro, A.; Signoretti, R.; Turco, S.; Henriques, L. 1998. Consumo e digestibilidade total dos nutrientes de dietas contendo diferentes níveis de volumoso, em bezerros. (en línea). Revista Brasileira de Zootecnia. 27 (2): 345-354. Consultado 2 feb. 2017. Disponible en <http://www.sbz.org.br/revista/artigos/2051.pdf>
5. Araujo-Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. (en línea). In: Seminario de Pastos y Forrajes (9º., 2005, Maracaibo, Venezuela). Trabajos presentados. Maracaibo, Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía. Departamento de Zootecnia. p.12. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Consumo\\_a\\_pastoreo\\_II.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Consumo_a_pastoreo_II.pdf)
6. \_\_\_\_\_.; Vergara-López, J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. (en línea). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 15 (1): 133–140. Consultado 20 abr. 2017. Disponible en [http://produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/58-rumen.pdf](http://produccionbovina.com/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/58-rumen.pdf)

7. Arelovich, H. M.; Bravo, R. D.; Martínez, M. F.; Amelia, M. 2012. Recría de bovinos de carne con dietas basadas en granos de maíz o avena pelletizados. (en línea). *Revista Argentina de Producción Animal*. 32 (2): 125–134. Consultado 4 nov. 2016. Disponible en <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/2454/pdf>
8. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Forgue, P. L.; Torquati, S. O. 2013. Performance and ultrasound measurements of beef cattle fed diets based on whole corn or oats grains. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 73 (3): 267–274.
9. Arroquy, J.; Avila, M.; López, A.; García, M.; Nazareno, M. 2010. Alimentación a corral; suministro discontinuo de fibra larga en dietas de terminación. In: *Jornadas Proyecto Nacional de Nutrición Animal (2010, Concepción del Uruguay)*. Memorias. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 9–17.
10. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras; catálogo de cultivares 2010. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 38). Consultado 30 abr. 2017. Disponible en <http://www.inia.org.uy/productos/cvforrajeras/catalogo2010.pdf>
11. Bach, A.; Calsamiglia, S. 2006. La fibra en los rumiantes; ¿química o física?. (en línea). In: *Curso de Especialización FEDNA (22º., 2006, Barcelona)*. Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 99–113. Consultado 19 oct. 2016. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>
12. Basurto, R.; Tejada, I. 1992. Digestibilidad aparente de la pulpa deshidratada de limón. Comparación de métodos para estimarla. *Técnica Pecuaria en México*. 30 (1): 13–22.
13. Beauchemin, K. A.; Yang, W. Z.; Rode, M. L. 2003. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 86:630–643.
14. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2006a. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *Journal of Dairy Science*. 89:217–228.

15. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2006b. Physically effective fiber; method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89:2618–2633.
16. Blanco, M. R. 1999. El alimento y los procesos digestivos en el rumen. (en línea). s.l., Sitio Argentino de Producción Animal. 10 p. Consultado 3 abr. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/70-alimentos\\_rumen.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/70-alimentos_rumen.pdf)
17. Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. (en línea). In: Curso de Especialización FEDNA (13º., 1997, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 3–19. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Usode\\_Fibra\\_en\\_Rumiantes.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Usode_Fibra_en_Rumiantes.pdf)
18. \_\_\_\_\_.; Ferret, A.; Devant, M. 2002a. Effects of pH and pH fluctuations on microbial fermentation and nutrient flow from a dual-flow continuous culture system. *Journal of Dairy Science*. 85:574–479.
19. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2002b. Fisiología ruminal relacionada con la patología digestiva; acidosis y meteorismo. (en línea). In: Curso de Especialización FEDNA (18º., 2002, Bellaterra, Barcelona). Avances en nutrición y alimentación animal. Barcelona, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. pp. 97–115. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en [http://fundacionfedna.org/sites/default/files/02CAP\\_VI.pdf](http://fundacionfedna.org/sites/default/files/02CAP_VI.pdf)
20. Camps, D. N.; González, G. O. 2001. El grano de avena en la alimentación del ganado. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. 6 p. Consultado 29 abr. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/61-el\\_grano\\_de\\_avena\\_en\\_la\\_alimentacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/61-el_grano_de_avena_en_la_alimentacion.pdf)
21. Cangiano, C. A. 1996. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. *Producción animal en pastoreo*. Balcarce, Buenos Aires, INTA. Área de Producción Animal. 144 p.

22. Church, D. C. 1993. El rumiante; fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, España, Acribia. 627 p.
23. \_\_\_\_\_; Pond, W. G.; Pond, K. N. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México, Limusa. 635 p.
24. Correa, F. 2006. Estudio del desarrollo de los estómagos de los rumiantes. (en línea). Santiago de Cuba, Universidad de Granma. Facultad de Medicina Veterinaria. 9 p. Consultado 17 oct. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/71-estomagos\\_rumiantes.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/71-estomagos_rumiantes.pdf)
25. Craplet, A. 1969. El ternero. Barcelona, España, GEA. 336 p.
26. Defoor, P. J.; Galyean, M. L.; Sayler, G. B.; Nunnery, G. A.; Pearsons, C. H. 2002. Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. *Journal of Animal Science*. 80:1395–1404.
27. Dutra, A. R.; Queiroz, A. C.; Pereira, J. C. 1997. Efeito dos níveis de fibra e das fontes de proteínas sobre o consumo e digestão dos nutrientes em novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 26 (4): 787–796.
28. Elizalde, J. C.; Franchone, C. A.; Parra, V. F. 2003. Ganancia de peso y eficiencia de conversión en vaquillonas alimentadas a corral con dietas basadas en cebada y afrechillo de trigo. *Revista Argentina de Producción Animal*. 23 (1): 54.
29. \_\_\_\_\_. 2015. Impacto del uso de los sistemas de alimentación a corral como estrategia para el engorde de bovinos para carne. In: Congreso Internacional de Producción Animal Especializada en Bovinos (1º., 2015, Cuenca). Actas. Cuenca, Ecuador, Maskana. pp. 83–93.
30. Fernández, H. H. 2002. Composición de alimentos para rumiantes. (en línea). Balcarce, Buenos Aires, INTA Balcarce. 4 p. Consultado 4 nov. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/01-alimentos\\_rumiantes.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/01-alimentos_rumiantes.pdf)

31. Fox, D.; Tedeschi, L. 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. (en línea). In: Plains Nutrition Council Spring Conference (2002, Ithaca, New York). Proceedings. San Antonio, Texas, Texas A&M. pp. 67–81. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://amarillo.tamu.edu/files/2010/10/2002PNC-Proceedings.pdf>
32. Gagliostro, G. 2005. Aspectos nutricionales asociados a la suplementación con granos forrajeros. (en línea). Balcarce, Buenos Aires, INTA Balcarce. 2 p. Consultado 4 nov. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/43-aspectos\\_nutricionales\\_granos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/43-aspectos_nutricionales_granos.pdf)
33. Galyean, M. L.; Defoor, P. J. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 81 (2): E8–E16.
34. García, A.; Kalscheur, K. 2006. Tamaño de partícula y fibra efectiva en la dieta de las vacas lecheras. (en línea). Brooking, South Dakota State University. Sout Dakota Cooperative Extension Service. 5 p. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Kenneth\\_Kalscheur/publication/28304685\\_Tamao\\_de\\_partcula\\_y\\_fibra\\_efectiva\\_en\\_la\\_dieta\\_d\\_e\\_las\\_vacas\\_lecheras/links/53ff831e0cf2194bc29a8818.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kenneth_Kalscheur/publication/28304685_Tamao_de_partcula_y_fibra_efectiva_en_la_dieta_d_e_las_vacas_lecheras/links/53ff831e0cf2194bc29a8818.pdf)
35. Goi, J.; Bonnacarrere, M.; Fernández, B.; Olívio, J. 1998. Tratamientos físicos do grão de aveia branca (*Avena sativa*) na alimentação de bovinos. *Ciência Rural* (Santa Maria). 28 (2): 303–307.
36. Heinrichs, J.; Kononoff, P. 2008. Evaluando el tamaño de partícula de forrajes y RTMs usando el nuevo separador de partículas de forraje de Penn State. Old Mine, University Park, PA, Pennsylvania State University. 16 p.
37. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2009. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. La Estanzuela, Uruguay. 80 p.

38. Jahn, E. B.; Bórquez, F. L.; Monsalve, M. I.; Contreras, G. C.; Ormeño, G. R.; Monterola, H. B. 1996. Influencia de dos ambientes ruminales en la degradación de avena y maíz grano y degradación de afrechillo de trigo, harinilla de arroz y coseta húmeda. (en línea). Agricultura Técnica (Chile). 56:270–277. Consultado 4 nov. 2016. Disponible en [http://chileanjar.org/files/V56I4A07\\_es.pdf](http://chileanjar.org/files/V56I4A07_es.pdf)
39. Keim, J. 2013. Fibra en la dieta de vacas lecheras a pasto. (en línea). s.l., Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Producción Animal. 3 p. Consultado 21 oct. 2016. Disponible en <http://www.agrarias.uach.cl/wp-content/uploads/2013/08/Fibra-en-la-dieta-de-vacas-lecheras-A-PASTOREO-2-2.pdf>
40. Lachmann, M.; Araujo-Febres, O. 1999. La estimación de la digestibilidad en ensayo con rumiantes. (en línea). Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia. 22 p. Consultado 28 ene. 2017. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Omar\\_Araujo-Febres/publication/230823665\\_La\\_estimacion\\_de\\_la\\_digestibilidad\\_en\\_ensayos\\_con\\_rumiantes/links/0912f505112a176237000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Omar_Araujo-Febres/publication/230823665_La_estimacion_de_la_digestibilidad_en_ensayos_con_rumiantes/links/0912f505112a176237000000.pdf)
41. Lapetina, J. 2008. Sombra, abrigo y más...; incorporación de áreas arboladas en la ganadería. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 128 p.
42. Lauric, A.; Marinissen, A.; Torres Carbonell, C.; Coria, M. 2009. Suplementación estratégica. (en línea). In: Talleres de Suplementación Estratégica para Vacunos (2009, Bahía Blanca, AR). Apuntes. Bordenave, INTA. s.p. Consultado 4 nov. 2016. Disponible en [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-suplementacion\\_estrategica.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-suplementacion_estrategica.pdf)
43. Mc Donald, P.; Edwards, R.; Greenhalgh, J.; Morgan, C. 2006. Nutrición animal. 6ª. ed. Zaragoza, España, Acribia. 587 p.
44. Mader, T.; Davis, M.; Brown-Brandt, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. Journal of Animal Science. 84:712–719.

45. Manasliski, E.; Rodríguez, F. 2013. Evaluación del efecto del tipo de fibra y forma de suministro sobre la performance de terneros destetados precozmente y manejados a corral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 60 p.
46. Mejía, J. 2002. Consumo voluntario de forraje por rumiantes en pastoreo. *Acta Universitaria*. 5 (3): 56–62.
47. Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80 (7): 1463–1479.
48. \_\_\_\_\_. 2002. Measuring fiber and its effectiveness in ruminants diets. (en línea). In: Plains Nutrition Council Spring Conference (2002, Madison, Wisconsin). Proceedings. San Antonio, Texas, Texas A&M. pp. 40–66. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.727.5023&rep=rep1&type=pdf#page=47>
49. Mora, I. 2007. Nutrición animal. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 120 p.
50. Morgan, C.; Campling, R. 1978. Digestibility of whole barley and oat grains by cattle of different ages. *Animal Production*. 27:323–329.
51. Murphy, T. A.; Fluharty, F. L.; Loerch, S. C. 1994. The influence of intake level and corn processing on digestibility and ruminal metabolism in steers fed all-concentrate diets. *Journal of Animal Science*. 72:1608–1615.
52. NRC (National Research Council, US). 1984. Nutrient requirements of beef cattle. 6th. ed. Washington, D.C., National Academy Press. 90 p.
53. \_\_\_\_\_. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th. ed. Washington, D.C., National Academy Press. 381 p.
54. Palladino, A.; Wawrzekiewicz, M.; Bargo, F. 2006. La fibra. (en línea). *Revista Infortambo*. 202: 82–84. Consultado 17 ago. 2016. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>

55. Parra, V.; Rifle, S.; Elizalde, J. C. 2006. Estrategias de inclusión del corral en los sistemas ganaderos de Argentina. Balcarce, Argentina, Gráfica Máxima. 179 p.
56. Pereira, G.; Soca, P. 1999. Aspectos relevantes de la cría vacuna del Uruguay. (en línea). In: Foro Organización de la Cría Vacuna (1999, San Gregorio de Polanco, Tacuarembó). Resúmenes. Tacuarembó, Uruguay, Instituto Plan Agropecuario. pp. 2–10. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/libros/forocria.htm#aspe>  
[c](#)
57. Perrone, G.; Caviglia, J.; Pérez, A.; González, G. 2011. Prueba comparativa de tolerancia al almidón de los granos de avena, cebada y maíz en el equino. (en línea). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. 4 p. Consultado 4 nov. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion equinos/produccion equina en genera](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_equinos/produccion_equina_en_genera)  
[l/100-almidon.pdf](#)
58. Pordomingo, A. J. 1997. Las implicancias del destete precoz en la cría de bovinos para carne en la región semiárida central. In: Congreso Nacional sobre Producción Intensiva de Carne (1º., 1997, Buenos Aires). Memorias. Buenos Aires, Argentina, s.e. pp. 80–95.
59. \_\_\_\_\_; Jonas, O.; Adra, M.; Juan, N. A.; Azcárate, M. P. 2002. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. (en línea). Revista de Investigaciones Agropecuarias. 31 (1):1–22. Consultado 3 nov. 2016. Disponible en [http://anterior.inta.gov.ar/ediciones/ria/31\\_1/001.pdf](http://anterior.inta.gov.ar/ediciones/ria/31_1/001.pdf)
60. \_\_\_\_\_; Volpi Lagreca, G. Pivotto, L. A.; Lence, R. 2004. Efecto del procesamiento del grano de maíz y la oferta vitamínica y mineral sobre el crecimiento de terneros destetados precozmente alimentados a corral. (en línea). Boletín de Divulgación Técnica. no. 88: 89-93. Consultado 05 may. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_a\\_corral\\_o\\_feedlot/22-efecto\\_procesamiento\\_maiz.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_a_corral_o_feedlot/22-efecto_procesamiento_maiz.pdf)

61. \_\_\_\_\_. 2005. Manual de feedlot (en línea). Buenos Aires, INTA Anguil. 223 p. Consultado 20 oct. 2016. Disponible en <http://www.youblisher.com/p/22995-Manual-de-FeedLot/>
62. Quintans, G.; Pigurina, G.; Paiva, N. 1999. Rodeo de cría; alternativas de manejo para la zona este bovinos para carne. *In*: Jornada Anual de Producción Animal (1999, Treinta y Tres). Resultados experimentales. Montevideo, INIA. cap. 2, pp. 1-23 (Actividades de Difusión no. 195).
63. \_\_\_\_\_.; Echeverría, J.; Scarsi, A.; Rovira, P. 2013. Efecto del suministro de ración en comederos de autoconsumo en terneros destetados precozmente. *In*: Seminario de Actualización Técnica; Cría Vacuna (2013, La Estanzuela, Colonia, UY). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 207–218 (Serie Técnica no. 208).
64. Relling, A. E.; Mattioli, G. A. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. (en línea). Buenos Aires, Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Veterinarias. 72 p. Consultado 8 set. 2016. Disponible en <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/fisio%20dig%20rumiantes.pdf>
65. Rojas, C.; Catrileo, A.; Aguilar, F. 1989. Niveles de avena en raciones para engorda de novillos Hereford. (en línea). Agricultura Técnica. 49 (4): 304-308. Consultado 4 nov. 2016. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR08190.pdf>
66. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Grez, T. 2011. Evaluación productiva y económica del uso de grano entero de avena (*Avena sativa* L.) y lupino australiano (*Lupinus angustifolius* L.) en raciones de engorda invernal de vaquillas. *Agro-Ciencia: Revista Chilena de Ciencias Agropecuarias*. 27 (1): 41–48.
67. Rovira, J. 2012. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
68. Sampedro, D. 2004. Sistemas pecuarios de la zona campos de Argentina; tecnología y perspectivas. *In*: Reunión del Grupo Técnico en Forrajeras del Cono Sur (19º., 2002, Corrientes). Memorias. Mercedes, Corrientes, INTA. pp. 16–31.

69. \_\_\_\_\_.; Pizzio, R.; Castro, J. 2006. Destete precoz. Una herramienta para aumentar la carga y el índice de preñez de vacas de parición tardía. EEA INTA Mercedes. Noticias y Comentarios. no. 409. 5 p.
70. \_\_\_\_\_.; Hidalgo, F. 2015. Alimentación de los terneros destetados precozmente. INTA. Noticias y Comentarios. no. 519. 5 p.
71. Santini, F.; Elizalde, J. C. 1993. Utilización de granos en alimentación de rumiantes. Revista Argentina de Producción Animal. 13 (1): 39–60.
72. Scaglia, G. 1998. Alimentación del ternero. In: Jornada Anual de Producción Animal (1998, Treinta y Tres). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 31–37 (Actividades de Difusión no. 172).
73. Simeone, A. 1997. Prueba de destete precoz. In: Expoactiva Nacional (6ª., 1997, Soriano). Resultados técnicos. Montevideo, Uruguay, Asociación Rural de Soriano/Plan Agropecuario. pp.11–21.
74. \_\_\_\_\_.; Beretta, V. 1999. Destete precoz; fundamentos, realidad y perspectivas de la tecnología en Uruguay. In: Jornada Técnica (4ª., 1999, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. Unidad de Producción Intensiva de Carne. pp. 1–19.
75. \_\_\_\_\_.;\_\_\_\_\_. 2002. Destete precoz en ganado de carne. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 118 p.
76. \_\_\_\_\_.;\_\_\_\_\_. 2008. Una década de investigación para una ganadería más eficiente. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (10ª., 2008, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 12–19.
77. \_\_\_\_\_.;\_\_\_\_\_. 2010. Ganadería a pasto, feedlot e industria frigorífica; ¿es posible una integración de tipo “ganar-ganar” en la cadena de la carne? In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (12ª., 2010, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. Unidad de Producción Intensiva de Carne. pp. 22–33.
78. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2012. Una nueva cría... un nuevo engorde... una buena ganadería. In: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (14ª., 2012, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. Unidad de Producción Intensiva de Carne. pp. 14–27.

79. \_\_\_\_\_.;\_\_\_\_\_. 2016. A pasto y a corral, dos caminos con un mismo destino; la rentabilidad. *In*: Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (18<sup>a</sup>., 2016, Paysandú). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. Unidad de Producción Intensiva de Carne pp. 34–45.
80. Slyter, A.; Kamstra, A. 1974. Utilization of pine sawdust as a roughage substitute in beef finishing rations. *Journal of Animal Science*. 38:693–696.
81. Thickett, B.; Mitchell, D.; Hallows, B. 1989. *Cría de terneros*. Zaragoza, España, Acribia. 152 p.
82. Tillman, A. D.; Furr, R. D.; Hansen, K. R.; Sherrod, L. B.; Word, J. D. 1969. Utilization of rice hulls in cattle finishing rations. *Journal of Animal Science*. 29:792–796.
83. Trujillo, A. I.; Marichal, M. J. 2014. *Curso de Nutrición Animal; caracterización química de los alimentos*. Montevideo, Facultad de Agronomía. 19 p.
84. Vittone, S.; Lado, M. 2013. Engorde a corral con urea protegida y sin fibra efectiva. (en línea). Concepción del Uruguay, Argentina, INTA Concepción del Uruguay. Área de Producción Animal. 6 p. Consultado 1 nov. 2016. Disponible en [http://vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/engorde\\_a\\_corral\\_con\\_urea\\_abr\\_13.pdf](http://vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/engorde_a_corral_con_urea_abr_13.pdf)
85. White, T. W.; Reynolds, W. L. 1969. Various sources and levels of roughage in steer rations. *Journal of Animal Science*. 28:705–710.
86. Zanine, A.M.; Vieira, B. R.; Ferreira, D. J.; Vieira, A. M.; Cecon, P. R. 2007. Ingestive behaviour of cattle of several categories on coast-cross grass pasture. *Bioscience Journal*. 23 (3): 111–119.
87. Zebeli, Q.; Dijkstra, J.; Tafaj, M.; Steingass, H.; Ametaj, B. N.; Drochner, W. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal of Dairy Science*. 91:2046–2066.

88. \_\_\_\_\_; Mansmann, D.; Steingass, H.; Ametaj, B. N. 2009. Balancing diets for physically effective fibre and ruminally degradable starch; a key to lower the risk of sub-acute rumen acidosis and improve productivity of dairy cattle. *Livestock Science*. 127:1–10.
89. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; Ametaj, B. N.; Steingass, H.; Drochner, W. 2010. A statistical model to optimize the requirements of lactating dairy cows for physically effective neutral detergent fibre. *Archives of Animal Nutrition*. 64:265–278.
90. \_\_\_\_\_; Aschenbach, J. R.; Tafaj, M.; Boguhn, J.; Ametaj, B. N.; Drochner, W. 2012. Invited review; role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 95 (3): 1041–1056.

## 9. ANEXOS

Anexo 1. Etiqueta comercial ración Terneros 1

### **Terneros 1 ( Destete precoz), Copagran**

**Finalidad productiva:** crecimiento

**Modo de uso:** suministrar a terneros de más de 60kg de peso vivo de 1 a 1,5kg por día. Alimento medicado (no suministrar a equinos)

#### **Composición química cuantitativa porcentual**

Máximo de	
Humedad	12,5
Fibra cruda	8
Minerales totales	7
Cloruro De Sodio	1
Cenizas insol al HC	2
Cornez de centeno	0,03
Don	2,00ppm
Mínimo de	
Proteína (Nxf)	18
Extracto al Eter	2,5

Componentes: cebada, trigo, maíz, sorgo, avena, expeller de soja o girasol, afrechillo de trigo o arroz, melaza, carbonato de calcio, fosfato dicalcico. Contenido de monensina por kg de producto 35mg.

**Contenido neto:** 40kg      **Elaboración** 07/01/2016

Anexo 2. Fuente de variación para concentración de nutrientes en la dieta según procedimiento GLM (SAS)

**Variable dependiente: cenizas en la dieta**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	869.482.625	2.89827542	1878.61	<.0001
PV inicial	1	0.00194932	0.00194932	1.26	0.2750
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns. Lin.	1	867.836.609	8.67836609	5625.17	<.0001
Ns. Cua.	1	0.01513356	0.01513356	9.81	0.0055

**Variable dependiente: proteína cruda en la dieta**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	344.125.433	1.14708478	173.08	<.0001
PV inicial	1	0.00153843	0.00153843	0.23	0.6354
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns. Lin.	1	343.178.317	3.43178317	517.82	<.0001
Ns. Cua.	1	0.00130894	0.00130894	0.20	0.6618

**Variable dependiente: aFDN en la dieta**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	1.560.472.406	52.0157469	429.37	<.0001
PV inicial	1	0.4476008	0.4476008	3.69	0.0697
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns. Lin.	1	1.499.845.629	149.9845629	1238.08	<.0001
Ns. Cua.	1	60.559.523	6.0559523	49.99	<.0001

**Variable dependiente: FDA en la dieta**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	1.783.297.057	59.4432352	19366.2	<.0001
PV inicial	1	0.0061875	0.0061875	2.02	0.1719
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns. Lin.	1	1.783.294.907	178.3294907	58098.4	<.0001
Ns. Cua.	1	0.0058018	0.0058018	1.89	0.1852

Anexo 3. Fuente de variación para consumo de nutrientes en la dieta según procedimiento GLM (SAS).

<b>Variable dependiente: cen_cons</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	0.01820563	0.00606854	4.68	0.0131
PV inicial	1	0.06361608	0.06361608	49.02	<.0001
Contraste					
Contraste	DF.	SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns Lin.	1	0.01745500	0.01745500	13.45	0.0016
Ns Cua.	1	0.00070301	0.00070301	0.54	0.4707
<b>Variable dependiente: PC_cons</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	0.01212600	0.00404200	0.81	0.5020
PV inicial	1	0.25444175	0.25444175	51.22	<.0001
Contraste					
Contraste	DF.	SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns Lin.	1	0.00757454	0.00757454	1.52	0.2319
Ns Cua.	1	0.00449358	0.00449358	0.90	0.3535
<b>Variable dependiente: aFDN_cons</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	0.30599048	0.10199683	5.49	0.0069
PV inicial	1	0.89806333	0.89806333	48.35	<.0001
Contraste					
Contraste	DF.	SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns Lin.	1	0.30527845	0.30527845	16.44	0.0007
Ns Cua.	1	0.00003220	0.00003220	0.00	0.9672
<b>Variable dependiente: FDA_cons</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	0.35269897	0.11756632	26.70	<.0001
PV inicial	1	0.18896472	0.18896472	42.91	<.0001
Contraste					
Contraste	DF.	SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns Lin.	1	0.35021866	0.35021866	79.53	<.0001
Ns Cua.	1	0.00212547	0.00212547	0.48	0.4956
<b>Variable dependiente: MSD_cons</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	0.89301805	0.29767268	3.58	0.0360
PV inicial	1	0.11766025	0.11766025	1.41	0.2508
Contraste					
Contraste	DF.	Contraste	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F

SS

Ns Lin.	1	0.68172268	0.68172268	8.19	0.0108
Ns Cua.	1	0.07021381	0.07021381	0.84	0.3712

Anexo 4. Método tukey ( $p < 0.05$ ) para distribución de las partículas del ofrecido según procedimiento Mixed (SAS).

**RTM ofrecida, % retención criba 1**

Obs.	Trat.	Estimador	Error estándar	Alpha	Inferior	Superior	Letter group
1	0	5.3000	1.3302	0.05	2.4801	8.1199	A
2	10	2.9600	1.3302	0.05	0.1401	5.7799	A
3	20	2.2400	1.3302	0.05	-0.5799	5.0599	A
4	30	0.2400	1.3302	0.05	-2.5799	3.0599	A

**RTM ofrecida, % retención criba 2**

Obs.	Trat.	Estimador	Error estándar	Alpha	Inferior	Superior	Letter group
1	10	5.5600	1.7712	0.05	1.8052	9.3148	A
2	20	4.2600	1.7712	0.05	0.5052	8.0148	A
3	0	3.0400	1.7712	0.05	-0.7148	6.7948	A
4	30	1.4000	1.7712	0.05	-2.3548	5.1548	A

**RTM ofrecida, % retención criba 3**

Obs.	Trat.	Estimador	Error estándar	Alpha	Inferior	Superior	Letter group
1	30	83.8400	4.5103	0.05	74.2787	93.4013	A
2	20	77.6600	4.5103	0.05	68.0987	87.2213	AB
3	10	67.2800	4.5103	0.05	57.7187	76.8413	AB
4	0	63.0600	4.5103	0.05	53.4987	72.6213	B

**RTM ofrecida, % retención bandeja inferior**

Obs.	Trat.	Estimador	Error estándar	Alpha	Inferior	Superior	Letter group
1	0	28.0000	5.2741	0.05	16.8194	39.1806	A
2	10	23.2000	5.2741	0.05	12.0194	34.3806	A
3	20	15.4800	5.2741	0.05	4.2994	26.6606	A
4	30	14.0600	5.2741	0.05	2.8794	25.2406	A

Anexo 5. Fuente de variación para fef del rechazo, consumo de FDNfe y concentración FDNfe en la dieta procedimiento GLM (SAS).

<b>Variable dependiente: fef_rech</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	858.8118832	286.2706277	20.35	<.0001
PV inicial	1	1.8792.987	1.8792987	0.13	0.7188
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns Lin.	1	795.4165087	795.416.087	56.54	<.0001
Ns Cua.	1	4.8261325	4.8261325	0.34	0.5650
<b>Variable dependiente: FDNfe_dieta</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	11.62393883	3.87464628	30.58	<.0001
PV inicial	1	0.54044216	0.54044216	4.26	0.0528
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns Lin.	1	6.97972771	6.97972771	55.08	<.0001
Ns Cua.	1	0.00117191	0.00117191	0.01	0.9244
<b>Variable dependiente: FDNfe_cons</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	0.03208641	0.01069547	1.10	0.3725
PV inicial	1	0.47932528	0.47932528	49.41	<.0001
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Ns Lin.	1	0.01175496	0.01175496	1.21	0.2847
Ns Cua.	1	0.00848761	0.00848761	0.87	0.3613

Anexo 6. Fuente de variación para para consumo de materia seca expresado en kg/día como %PV según Procedimiento Mixed (SAS).

<b>Consumo de materia seca kg/a/dia</b>				
Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	0.27	0.8473
Semana	9	1386	419.42	<.0001
Tratamiento*semana	27	1386	3.60	<.0001
Día dentro semana	6	1386	26.62	<.0001
Trat.*días dentro semana	18	1386	0.98	0.4757
Contraste	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Ns Lin.	1	20	0.03	0.8715
Ns Cua.	1	20	0.74	0.4011
<b>Consumo de materia seca %PV</b>				
Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	0.21	0.8882
Semana	9	1386	72.54	<.0001
Tratamiento*semana	27	1386	6.10	<.0001
Días dentro semana	6	1386	20.39	<.0001
Trat.*días dentro semana	18	1386	1.04	0.4076
Contraste	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Ns. Lin.	1	20	0.06	0.8021
Ns. Cua.	1	20	0.51	0.4833

Anexo 7. Fuente de variación para peso vivo (inicial, P2, P3,P4,P5, final) altura del anca, PV/altffnal, EC, DMS según procedimiento GLM (SAS),

**Variable dependiente: PVINICIAL**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	55.86458333	18.62152778	0.10	0.9562
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	6.76875000	6.76875000	0.04	0.8471
Cua.	1	41.34375000	41.34375000	0.23	0.6346

**Variable dependiente: PV2**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	12.491796	4.163932	0.41	0.7489
PV inicial	1	5219.403952	5219.403952	511.58	<.0001
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	12.29066865	12.29066865	1.20	0.2861
Cua.	1	0.13388415	0.13388415	0.01	0.9100

**Variable dependiente: PV3**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	97.700449	32.566816	4.44	0.0159
PV inicial	1	5.488.238634	5488.238634	748.11	<.0001
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	72.03365620	7.203.365.620	9.82	0.0055
Cua.	1	17.02561479	17.02561479	2.32	0.1441

**Variable dependiente: PV4**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	250.014328	83.338109	3.89	0.0254
PV inicial	1	5.965.081452	5965.081452	278.21	<.0001
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	203.8554735	2.038.554.735	9.51	0.0061
Cua.	1	33.8437049	33.8437049	1.58	0.2242

**Variable dependiente: PV5**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
--------	-----	------------	----------------------	----------	------

Tratamiento	3	291.632262	97.210754	3.41	0.0386
PV inicial	1	6593.89113	6593.891139	231.32	<.0001

**Variable dependiente: PVfinal**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	497.856026	165.952009	2.24	0.1162
PV inicial	1	8.222.053159	8222.053159	111.20	<.0001

Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
LIN.	1	310.2176212	310.2176212	4.20	0.0546
CUA.	1	166.3834580	166.3834580	2.25	0.1500

**Variable dependiente: PV altura final**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	0.05117173	0.01705724	1.89	0.1663
PV alt. inicial	1	0.48426671	0.48426671	53.53	<.0001

Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	0.03959504	0.03959504	4.38	0.0501
Cua.	1	0.01161896	0.01161896	1.28	0.2712

**Variable dependiente: altura final**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	5.5660358	1.8553.453	0.26	0.8509
Altura inicial	1	130.3823439	130.3823439	18.51	0.0004

Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	0.35762981	0.35762981	0.05	0.8241
Cua.	1	0.75325949	0.75325949	0.11	0.7472

**Variable dependiente: EC**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	0.64106267	0.21368756	2.34	0.1052
PV inicial	1	1.68786168	1.68786168	18.52	0.0004

Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	0.57457583	0.57457583	6.30	0.0212
Cua.	1	0.02000272	0.02000272	0.22	0.6448

**Variable dependiente: DMS**

Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Tratamiento	3	635.6975111	211.8991704	9.21	0.0008
PV inicial	1	32.7455256	32.7455256	1.42	0.2492
Contraste	DF.	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	478.9.804.829	478.9804829	20.83	0.0003
Cua.	1	51.5543152	51.5543152	2.24	0.1527

Anexo 8. Fuente de variación para las distintas actividades según procedimiento Mixed (SAS).

#### Actividad de consumo

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	9.41	0.0004
Semana	1	20	0.03	0.8666
Días dentro semana	1	20	0.12	0.7326
Tratamiento*semana	3	20	0.20	0.8982
Trat.*días dentro semana	3	20	1.57	0.2276

#### Actividad de descanso

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	3.86	0.0250
Semana	1	20	5.11	0.0350
Días dentro semana	1	20	0.00	0.9745
Tratamiento*semana	3	20	0.70	0.5622
Trat.*días dentro semana	3	20	0.08	0.9718

#### Actividad de consumo de agua

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	2.84	0.0636
Semana	1	20	0.14	0.7163
Días dentro semana	1	20	0.03	0.8538
Tratamiento*semana	3	20	1.99	0.1484
Trat.*días dentro semana	3	20	3.51	0.0340

#### Actividad de rumia

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	20	0.82	0.4968
Semana	1	20	4.55	0.0455
Días dentro semana	1	20	0.02	0.9028
Tratamiento*semana	3	20	0.41	0.7485
Trat.*días dentro semana	3	20	0.36	0.7821

Anexo 9. GLIMMIX model statistics (SAS), para las actividades

Description	GLIMMIX Model Statistics (Value)			
	Consumo	Descanso	Bebida	Rumia
Deviance	82,130	136,1662	118,84	191,6712
Scaled deviance	84,076	84,142	91,37	84,84
Pearson chi-square	80,939	135,7725	105,55	189,4005
Scaled pearson chi-square	82,857	84	81,15	83,841
Extra-dispersion scale	0.9769	1,6183	1,3	2,259

Anexo 10. Fuente de variación para GEA, según procedimiento GLM (SAS).

Variable dependiente: <b>CMSG_g</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	6877327.939	2292442.646	149.43	<.0001
Contraste					
Fuente	DF.	SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	6744429.721	6744429.721	439.62	<.0001
Cua.	1	1351.148	1351.148	0.09	0.7700
Variable dependiente: <b>GEAindg_ppCMSG</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	96.51430594	32.17143531	4.95	0.0111
Contraste					
Fuente	DF.	SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	58.20326533	58.20326533	8.96	0.0078
Cua.	1	0.03427570	0.03427570	0.01	0.9429
Variable dependiente: <b>GEAindig_ppHeces</b>					
Fuente	DF.	Tipo IV SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Trat.	3	123.4078568	41.1359523	4.58	0.0141
Contraste					
Fuente	DF.	SS	Cuadrado de la media	F- valor	Pr>F
Lin.	1	99.33688183	99.33688183	11.07	0.0035
Cua.	1	18.64480063	18.64480063	2.08	0.1657

Anexo 11. Fuente de variación para el Rechazo, según procedimiento Mixed (SAS).

**Variable dependiente: rechazo % del ofrecido**

Efecto	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Tratamiento	3	20.3	10.69	0.0002
Semana	9	1387	11.41	<.0001
Tratamiento*semana	27	1387	3.66	<.0001
Días dentro semana	6	1386	15.60	<.0001
Trat.*días dentro semana	18	1386	0.90	0.5822
Contraste	Num. DF.	Den. DF.	F-valor	Pr>F
Lin.	1	20.7	28.00	<.0001
Cua.	1	20.3	0.04	0.8405